388
مايو
2012





وجه غايا المتلاشي

تحذير أخير

تأليف: جيمس لفلوك
ترجمة: د. سعد الدين خرفان



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978

أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) ود . فؤاد زكريا (1927-2010)

388

وجه غايا المتلاشي

تحذير أخير

تأليف: جيمس لفلوك

ترجمة: د. سعد الدين خرفان



مايو 2012



سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د.ك
للمؤسسات	25 د.ك

دول الخليج

للأفراد	17 د.ك
للمؤسسات	30 د.ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 978 - 99906 - 0 - 360 - 6

رقم الإيداع (2012/234)

العنوان الأصلي للكتاب

The Vanishing Face Gaya: A Final Warning

By

James Lovelok

Basic Books - Perseus, New York 2009.

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

جمادى الآخرة 1433 هـ . مايو 2012

المواد المنشورة في هذه السلسلة تعبر عن رأي كاتبها
ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلس

المحتوى

الفصل الأول:
رحلة في الزمان والمكان 7

الفصل الثاني:
التنبؤ بالمناخ 33

الفصل الثالث:
العواقب والبقاء 59

الفصل الرابع:
مصادر الطاقة والغذاء 81

الفصل الخامس:
الهندسة الجيولوجية 113

الفصل السادس:
تاريخ نظرية غايا 129

الفصل السابع:
إدراك غايا 149

الفصل الثامن:
أن تكون أخضر أو لا تكون 161

الفصل التاسع:
نحو العالم الآخر 179

المراجع 195

معجم المصطلحات 201

1

رحلة في الزمان والمكان

«نحن مجرد شريك واحد بين عدة أنواع شريكة في مشروع غايا الكبير»

المؤلف

إن استخدام الأيقونات أمر مهم، لقد هيمن الصليب والسيف المعقوف والمطرقة والمنجل على حياتنا وعلى تاريخنا لألفي عام. أما الأيقونة ذات المعنى الأعمق بالنسبة إلى البعض منا فهي مشهد الأرض الأزرق والأبيض الذي رآه رواد الفضاء لأول مرة من الفضاء الخارجي. تخضع هذه الأيقونة الآن لتغيرات عميقة مع ذوبان الجليد الأبيض، وتحول الغابات والمروج الخضراء إلى كثبان صحراوية، وفقدان المحيطات لونها الأزرق المخضر وتحولها إلى اللون الأزرق الأنقى الشبيه بلون مياه حمامات السباحة مع تحولها هي الأخرى إلى صحارى. وهذا هو السبب الذي دفعني وأنا في التسعين من

العمـــر لأن أقلّد رواد الفضاء وأطير إلـــى الفضاء لأرى الأرض من الأعلى قبل أن تتلاشى معالمها. أود أن ألتقط ولو لمحة خاطفة للأرض التي عشت فيهـــا طوال عمري على الرغم من أن طبيبي دوغلاس تشـــامبرلين نبهني إلـــى أن المخاطرة ســـتكون كبيرة جدا. ولكنني ســـأمضي، على الرغم من التحذيـــرات، لأكرر التقاط لحظة وجدتها «يوريـــكا»(*) المثيرة تلك. وقبل أربعة وأربعين عاما عندما كنت أعمل في مركز بحوث الفضاء، وفي مخبر الدفـــع النفاث JPL في كاليفورنيا، ورأيت بعين عقلي كوكبنا كشـــيء فريد ربما في الكون، شـــيء ينبض بالحيـــاة. ومنذ ذلك الحين اعتقدت أن كلمة «الأرض» ليســـت ملائمة لوصف الكوكب الحي الذي نعيش فيه، ونشـــكل جـــزءا منه. إنني ممتن للمؤلف وليام غولدنـــغ لاقتراحه أن كلمة غايا(**) أكثر ملاءمة من الأرض. ولا أقل من بهجة رؤية كوكبنا الحي من ذاك العلو الشـــاهق، تلك السعادة البســـيطة في أن أرى بأم عيني كم هو كروي. كان لديّ بعض الشكوك في أن الأمر كذلك، ولكن كما هي حال كثير من الأمور فـــي الحياة والعلم أيضا، علينا أن نعتبرها كروية كأمر بديهي، على الرغم من أننا عندما نكون على الأرض تنبئنا عيوننا بأنها مسطحة.

ولك أن تتخيل دهشـــتي السارة لسماع أن رغبتي في رؤية الأرض مـــن الفضاء ســـتتحقق قريبا، وأنني ســـأرى من الســـماء فوق ولاية نيومكســـيكو كرتنا الأرضية بـــكل جلالها. فبدافع مـــن الكرم الرائع قدم الســـير ريتشـــارد برانسون المنحة، وأسس مســـبقا خط رحلاته فيرجـــن غالاكتيك (Virgin Galactic) إلـــى الفضاء ليجعلها ممكنة. ســـوف يمكنني إنجـــازه النهائي، الطيران في الفضـــاء، من أن أهرب ولو لدقائق قصيرة قليلة مـــن جميع التبصرات الخارقة لحياة القرن الحادي والعشـــرين، وسيســـمح لي ذلك بأن أشارك في ذلك الشعور السامي لرواد الفضاء، بأن وطننا ليس المنزل أو الشارع أو البلد الذي نعيش فيه، بل هو الأرض نفسها.

(*) كلمة يونانية قديمة بمعنى: وجدتها، وقد ارتبطت تاريخيا بالعالم أرخميدس الذي صرخ بها عندما لاحظ ارتفاع منســـوب المياه عند انغماسه في البانيو، مكتشفا بذلك قانون طفو الأجسام داخل المياه، والذي صار يعرف بقانون أرخميدس [المحررة].

(**) غايا Gaia: في الأسطورة اليونانية ربة الأرض التي تزوجت من أورانوس Uranus.

هــل هنــاك ضرورة لرؤيــة غايا، الكوكــب الحي الوحيد فــي النظام الشمسي؟ فعلى الرغم من الانتكاسات الاقتصادية الأخيرة، تستمر الحياة في التحسن في معظم بلدان العالم، وحتى الفقراء في العالم النامي، على الرغم من ســوء التغذية، يأكلون جيدا ويصابون أحيانا بالســمنة. وهناك فرص عديدة للترفيه بحيث لا يوجد سبب للملل في الليل أو النهار. وربما لســنا في حاجة إلى رؤية الأرض كما هي في الواقع، إذا كنا نســتطيع أن نراها جيدا على موقع غوغل.

لكن الأمر مهم، وهو أهم من أي شــيء آخــر، علينا أن نراها كما هي لأن حياتنا تعتمد كلية على الأرض الحية. فلم يكن في إمكاننا أن نبقى ولو لحظة على كوكب ميــت مثل المريخ، ونحن في حاجة إلى فهم الاختلافات بينهما. وإذا فشــلنا فــي التعامل مع كوكبنا بجدية، فســنكون مثل أطفال يفترضون بيوتهم أمرا مســلما به، ولا يشــكّون أبدا في أن الفطور سيأتي في بدايــة اليوم، ولن نرى ونحن نتمتع بحياتنــا اليومية أن تكلفة إهمالنا يمكن أن تســبب قريبا المأساة الأكبر في ذاكرة الجنس البشري. فالأرض، لمصلحتهــا وليس لمصلحتنا، قد تجبر على الدخول في مرحلة حارة، حيث يمكنها البقاء، ولكن بحالة أدنى وأكثر صعوبة للعيش فيها. وإذا حدث هذا، كما هو محتمل، فسنكون نحن السبب في ذلك.

لا تغرّنــك حالة التوقف المؤقت في التغيــر المناخي عندما تبقى درجة الحرارة ثابتة لســنوات عدة، أو حتى، كما فــي الوقت الذي أكتب فيه في المملكة المتحدة في العام 2008، تبدو وكأنها تنخفض. يسألني المصطافون والمزارعون الذين تحملوا جميعهم ببؤس شــهري يوليو وأغسطس الباردين والرطبــين والغائمين: أين الاحترار العالمــي الآن؟ فبعيدا هناك في خليج المكســيك، حيث ظل ســطح الماء دافئا لسنوات بشــكل غير عادي، أصبح الآن أبــرد مرة أخرى. واســتعاد القطــب المتجمد الشــمالي أيضا العام 2007 قليلا من الضياعات الهائلة في الجليد (على الرغم من أن ســماكة الجليد تتناقص بشكل خطير). وفي العالم الحقيقي، نادرا ما يكون التغير منتظما، فهو يأتي على شــكل هبات ونوبات، وهو أقرب إلى عملية التقدم المتقطع في زحمة ســير من الحركة الانســيابية على طريق مفتوح. ولكن

علـــى الرغم من أنه يبدو غير محتمل فـــي بعض الأحيان، فإن التغيير يتم حقا، وتزداد درجة حرارة الأرض سنة بعد أخرى. وهي في خطر أكثر من أي مرة أخرى بأن تتحول إلى حالة قاحلة حيث يمكن للبعض منا فقط أن يظلوا على قيد الحياة. لقد أدرك العلماء وعلى الأخص ســتيف شــنايدر وجيم هانسن في الثمانينيات احتمال التغير المناخي الخطير نتيجة لتلويثنا الهواء بكميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون. وقد أدى هذا إلى إقناع عالم المناخ الســويدي البارز بيرت بولن الأمم المتحدة بتشكيل اللجنة الحكومية لتغير المناخ (IPCC)، حيث تولى الســير جــون هوتون وغلفان مايرو فيهو رئاســتها بالمشــاركة. وبدأت اللجنة بتجميع البراهين حول تغير الطبيعة الفيزيائية والكيميائية للغلاف الجوي العام 1990، وأصدرت تقاريرها في الأعــوام 1991 و1995 و2001 و2007، ومن خلال جهود هذه المجموعة المؤلفة من أكثر من ألف عالم من دول عديدة مختلفة، نعلم اليوم ما يكفي بشأن الغلاف الجوي للأرض لنخمّن بشكل ذكي شكل المناخ في المستقبل. لكن هذه التخمينات لم تستطع حتى الآن أن تطابق التغيرات الملحوظة في تغير المناخ إلى الحد الذي يجعلنا نثق بتنبؤاتها لعقود في المستقبل.

لقــد أصبحنا كلنــا تقريبا الآن نعيش في المدن، بحيــث إن القليل من الذين يعيشــون في مدن النصف الشمالي من الكرة الأرضية يرون النجوم فــي الليل. لقد عتّم تلوث الهواء والضوء على هذه الكواكب والنجوم بحيث لــم يعد يرى ســوى القمر والزهرة من خلال الوهــج الليلي. غالبا ما رأى أجدادنا العظماء تجمعات النجوم واســتخدموا البولاريس(*) ليرشــدهم، وفــي الليالــي الصافية أمكنهم حتــى أن يروا درب اللبّانــة، تلك الحزمة البيضاء الباهتة التي تعبر الســماء، وتمثل منظرا جانبيا لمجرتنا. وماعدا بعض البحارة والمزارعين البعيدين لأميال عن أية منطقة عمرانية، والذين لايزالون يرون أعماق الســماء المعتمة، فقــد ضعنا كلنا في الجو الضبابي لعالم البشــر، والذي كونته العولمة والمدن الكبرى. وبطريقة مماثلة، أصبح العلمــاء حضريين ولــم يتبنوا فكرة الأرض الحيــة إلا أخيرا. ولازال على معظمهم أن يتقبلوا فكرة الأرض (غايا) ويجعلوها جزءا من عملهم.

(*) نجمة الشمال.

إننا نحاول أن نزيل بعض الأذى الذي سببناه، وسنحاول ذلك بجد أكبر، وبشكل يائس، مع ازدياد التغير المناخي سوءا، ولكن ما لم نر الأرض على أنها شيء أكثر من مجرد كرة من الصخور فمن غير المحتمل أن ننجح. ليس الأمر ببساطة مجرد كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، أو فقدان التنوع الحيوي مع إزالة الغابات؛ إن السبب الرئيس هو وجود عدد كبير جدا من البشر، مع حيواناتهم الأليفة، وقطعانهم، وهو عدد أكبر من قدرة الأرض على تحمله. ولا يمكن لأي عمل بشري طوعي أن يخفّض أعدادنا بسرعة كافية لتبطئ فقط التغير المناخي. ولمجرد وجودهم فإن البشر وحيواناتهم المدجنة مسؤولون عن أكثر من 10 أمثال الإصدارات من غازات الدفيئة لكل الرحلات الجوية في العالم.

ولا يبدو أننا نمتلك أدنى فهم لجدية مصيبتنا. وبدلا من ذلك، وقبل أن تتحول أفكارنا بسبب الانهيار المالي العالمي، يبدو أننا ضعنا في دوامة لا قرار لها من الاحتفال والتهاني. لقد كان جيدا الاعتراف بالجهود الكبيرة التي بذلتها الـ IPCC وآل غور بمنحهما جائزة نوبل، وأن يقوم عشرة آلاف شخص شجاع برحلتهم الطويلة إلى جزيرة بالي تحية لهما، ولكن لأنهم فشلوا في رؤية الأرض على أنها شيء حي وحساس فقد تجاهلوا لسوء حظنا مقدار عدم موافقتها على كل ما نفعله. وبينما نعقد اجتماعاتنا ونتكلم عن الإدارة، تتحرك غايا خطوة فخطوة نحو الحالة الحارة، تلك الحالة التي تسمح لها بأن تكون المتحكّم، ولكن سيكون القليل منا حيا ليجتمع ويناقش. وربما كنا نحتفل لأن صوت الـ IPCC الذي كان مقلقا فيما مضى، يتكلم الآن بارتياح عن الاتفاق، ويوافق على تلك المبادئ الغامضة من التنمية المستدامة والطاقة المتجددة. لقد اعتقدنا أنه يمكننا بهذه الطريقة أن ننقذ الأرض وأن نصبح أغنى أيضا، وهي نتيجة أكثر جلبا للسعادة من الحقيقة المزعجة.

لست كاساندرا(*) راغبة، وقد كنت فيما مضى متشككا علنا في قصص الفناء، ولكن علينا هذه المرة أن نأخذ بجدية احتمال أن يقضي الاحترار العالمي على البشر من كوكب الأرض. قد يبدو تشاؤمي نوعا

(*) كاساندرا، في الأساطير الإغريقية، هي محبوبة أبولو الذي سخرت منه بعد أن منحها نعمة التبصر على أن تستجيب لرغباته، فانتقم منها بأن جعل كل تنبؤاتها كاذبة [المحررة].

من الاستمداد المبالغ فيه. إنني أوافق على أن سلسلة مستمرة من البراكين القوية مثل بركان بيناتوبو العام 1991 قد تعكس تغير المناخ، كما قد يفعل واحد أو أكثر من المخططات الهندسية الجيولوجية التي تدرس الآن؛ وربما كانت توقعاتنا مخطئة. لكن التشاؤم مبرر نظرا إلى الاختلاف بين تنبؤات الـ IPCC وما وجده المراقبون في العالم الحقيقي في سبتمبر العام 2008. فكّر فقط في أنني بينما كنت أكتب هذا الكتاب في العام 2008، عمل أكثر من ألف من أفضل علماء المناخ في العالم لمدة 17 عاما للتنبؤ بالمناخ في المستقبل، ولكنهم فشلوا في التنبؤ بالمناخ كما هو اليوم. ولدي ثقة قليلة بالمنحنى الانسيابي الصاعد لدرجة الحرارة الذي يتنبأ به المنمذجون للسنوات التسعين المقبلة. إن تاريخ الأرض والنماذج المناخية البسيطة المؤسسة على كوكب حي وحساس، تقترح أن التغير المفاجئ والمثير أكثر احتمالا. ويشاركني علماء آخرون في تشاؤمي علنا مثل عالم المناخ المميز جيمس هانسن، الذي يجد كما أفعل أن الدليل المقدم الآن من الأرض، مع معرفة تاريخها، مزعج بشكل خطير. وأنا متشائم أكثر من أي شيء آخر لأنه يبدو أن عالم رجال الأعمال والحكومات يتقبلون من دون نقد الاعتقاد بأن التغير المناخي يمكن عكسه بسهولة وبفائدة أيضا.

لا تتوقع أن يتّبع المناخ المسار الانسيابي للارتفاع البطيء لكن المخدر في درجة الحرارة الذي تتنبأ به الـ IPCC، حيث يزداد التغيير ببطء، ويسمح بكثير من الوقت لتستمر الأعمال كالمعتاد. إن الأرض تتغير في الحقيقة بطفرات وهبّات مع فترات من الثبات، وحتى مع التراجع النسبي البسيط، بين القفزات نحو حرارة أعلى. لا يشبه التغير المناخي إطلاقا الهندسة المدنية الناعمة لطريق سيارات سريع يتسلق من دون انقطاع ممرا جبليا، لكنه أشبه بالجبل نفسه، إذ إنه عبارة عن سلسلة من المنحدرات، والوديان، والمروج المنبسطة، والمدرجات الصخرية، والهوات السحيقة. ولربما أراك مدير الاستثمار الذي يهتم براتبك التقاعدي في الماضي منحنى ناميا لاستثماراتك وهي تصعد بانتظام ومن دون انقطاع من الآن وحتى العام 2050؛ لكنّك الآن ستشك في هذا النمو المستمر والمنتظم وتعلم أن هذا

النمو قــد تعرقله نورثون روك(*) وليمان بــروذرز(**) على طول الطريق، ويمكن له حتى أن يســقط في هوة الانكماش العالمي. ومع ذلك فقد دعينا للاعتقاد أن درجة الحرارة ســترتفع بشكل ناعم لأربعين سنة مقبلة، ما لم نقم بالطبع بوضع ثاني أكســيد الكربون الموجــود في الغلاف الجوي في مكان آخر. قد تظن أنه لا يوجد شــبه بين التنبؤات المناخية والاقتصادية، ولكن هناك شــبها: فالنظامان معقّــدان وغير خطيين ويمكنهما أن يتغيرا فجأة ومن دون توقع. لقد قال ألان غرينســبان وهو حتى عهد قريب زعيم الاقصاد الأمريكي في مقابلة مع «بي بي ســي» إنه رفض لهذا الســبب أن يتنبأ بمسار الاقتصاد العالمي؛ وقد حذّر سير بارثا ديسجبتا عالم الاقتصاد البارز من جامعة كامبريدج من أن النماذج الاقتصادية تشاطر النماذج المناخية في تنبؤها المتغير. لقد صرحا بهذا الادعاء الحكيم قبل الانهيار الاقتصادي في العام 2008 ونعلم الآن أن الديون الضخمة التي سبّبها العالم الأول كانت الســبب في ذلك. وليست لدينا أي فكرة عن متى سيجلب ديننا البيئي علينا انهيارا أكبر، ندرك فقط أن ذلك سوف يحدث غالبا.

يبدو أننا نســينا أن العلم ليس مبنيا علــى نظرية ونماذج فقط، فالتجربة والملاحظــة الأكثر صعوبة وتكــرارا تؤديان دورا مهما أيضــا. ربما غيّر العلم في الســنوات القليلة السابقة لأسباب اجتماعية، طريقة عمله. فالملاحظة في العالــم الواقعــي والتجارب على المقياس الصغير علــى الأرض تحتلان المركز الثانــي مقارنة بالنماذج النظرية التي تــزداد تكلفتها وتعقيدها باطراد. وربما كان مــن الملائم إداريا وسياســيا العمل بهذه الطريقة، لكــن النتائج قد تكون سيئة. فخزّاننا فارغ تقريبا من المعلومات، ونحن نعمل على نجار نظري، يصدق هذا بصورة خاصة على البيانات من المحيطات التي تشكل أكثر من 70% من سطح الكرة الأرضية، وعلى استجابات الأنظمة البيئية للتغير المناخي، وبشكل يوازيه في الأهمية، تأثير التغير في المحيطات والأنظمة البيئية على المناخ.

(*) Northern Rock: بنك بريطاني يعد من أول ضحايا أزمة قروض التمويل العقاري الأمريكية في المملكة المتحدة، ونتيجة لتلك الأزمة انتقل البنك لملكية الدولة في العام 2008 [المحررة].

(**) Lehman Brothers: بنك اســتثماري أمريكي بدأ انهياره في صيف العام 2007 بتكشف أزمة ســوق الرهن العقاري، حيث كان لاعبا أساســيا في سوق القروض العقارية، ليعلن إفلاسه في العام 2008 [المحررة].

إن الأفـكار التي تتبع من نظرية غايا تضعنا في مكاننا الصحيح كجزء من نظام الأرض، لسـنا المالكين، أو المديرين، أو حتى المسؤولين القياديين، أو المسـيطرين. فلم تتطور الأرض لمصلحتنا فقـط، وأي تغيرات نقوم بها ستكون على حسابنا. ويوضح هذا النمط من التفكير أنه ليست لدينا حقوق إنسان مميزة؛ فنحن مجرد شريك واحد بين عدة أنواع شريكة في مشروع غايـا الكبير. إننـا مخلوقات التطور الدارويني، مخلوقات مرحلية بفترة حيـاة محددة، كما كان حال أجدادنا العديدين جميعهم. ولكن على نقيض كل ما ظهر على الأرض تقريبا قبلنا، فإننا أيضا حيوانات عاقلة واجتماعية ونملك احتمال أن نتطور لنصبح حيوانات أعقل وأحكم، حيوانات يمكن لها أن تمتلك إمكانية أكبر كشـريك لبقية أنواع الحياة على الأرض. إن هدفنا اليـوم هو أن نحافظ علـى بقائنا وأن نعيش بطريقـة تعطي هذا التطور المنشـود الفرصة الأفضل. لقد ناقش الفيلسـوف جون غراي المدى الذي لانـزال نتطور ضمنه ككائنات عاقلة، وأنه مازال أمامنا مشـوار طويل كي نصل حتى إلى مدى تقديرنا لأنفسنا. هل نعتقد حقا أننا نحن البشر، غير المدربين تماما كما نحن الآن، نمتلك الذكاء أو القدرة على إدارة الأرض؟

لقد أصبحنا بارعين في إخفاء الأنباء السـيئة، وربما كان هذا سبب عدم حبنا للتقارير التي جلبها علماء شـجعان وحقيقيون خرجوا للعالم، مثل تشـارلز ديفيد كيلينغ وابنه رالف، اللذين راقبـا فترة طويلة وبدقة كبيرة غاز ثاني أكسـيد الكربون على قمة جبل ماونا لاو، أو العالم أندرو واتسون الذي أخذ قياسـات شتوية من سفينة تطفو على البحار الباردة والعاصفـة القريبة من غرينلاند. وهناك عـدد قليل من العلماء أمثالهم يقومون الآن بقياس درجة الحرارة، وارتفاع مسـتوى سـطح البحر، وقد نشر سـتيفان راهمستوف وزملاؤه قياسـاتهم في مجلة العلوم في مايو العام 2007. لقد وجدوا أن مسـتوى سـطح البحر يرتفع أسـرع بـ 1.6 مـرة، وأن درجة الحـرارة ترتفع بـ 1.3 مرة أعلى من تلك التي تنبأت بها الـ IPCC العام 2007. لقد ذهلنا جميعا لاكتشـافنا في سبتمبر 2007 أن الجليد الذي يطفو على سطح القطب الشمالي كله عدا 40% منه قد انصهـر فعلا. من الصحيح أن الضياع الملاحظ العام 2008 كان أقل من

ذلك بقليل، لكن الجليد المتبقي نحف بمقدار 1.5 قدم لأول مرة. إن هذه التغيرات أسرع بكثير من تنبؤات أكثر النماذج المناخية تشاؤما، ويمكن أن تكون لها، كما سنرى لاحقا، آثار خطيرة.

إنني أقدم من خلال نظرية غايا نظرة لمستقبلنا ومستقبل الأرض المحتملين مع تطور التغير المناخي. وهي تختلف عن تلك التي يطرحها معظم علماء المناخ. وتأتي الاختلافات من الطريقة، وليس من الحقائق الأساسية. فمعظم نماذج التغير المناخي، على سبيل المثال، لا تتضمن الاستجابة الفسيولوجية للنظم البيئية لليابسة والمحيطات. وليس هذا ناجما عن خلاف بين النظريات المختلفة؛ إن هذا يعود إلى أن النماذج المناخية تمد قدراتنا العقلية والحاسوبية إلى مدى بعيد، بحيث يمضي وقت طويل قبل أن نتمكن من إدخال طرق جديدة بشكل موثوق، إنها تشبه بعض الشيء تغيير نظام المواصلات من الباصات إلى الحافلات الكهربائية في مدينة ما. وفي عالم مثالي يمكن للنماذج المناخية التي تتضمّن كل شيء أن تقلل الاختلاف أو حتى تزيحه، ولكن لا يمكننا أن نتحمل الانتظار للحصول على نماذج كاملة. علينا أن نتصرف الآن، ولذا فإنني أقدم تنبؤات مبنية على نماذج بسيطة من نظرية غايا وعلى براهين من الأرض الآن وفي الماضي.

يؤسس علم المناخ المهني على الجيوفيزياء والجيوكيمياء بشكل رئيس، ويفترض غالبا أن الأرض خاملة وغير قادرة على الاستجابة الفسيولوجية للتغير المناخي. وما يجعل الأفكار في هذا الكتاب مختلفة هو أنها مؤسسة على نظرية ثابتة للأرض غايا، والتي برهنت نفسها بالتنبؤات المتتالية، وبدأت تقبل على أنها الحكمة التقليدية لعلم الأرض والحياة. لا تفترض أن الحكمة التقليدية لدى العلماء تشبه الاتفاق بين السياسيين والمحامين. فالعلم يدور حول الحقيقة، ويجب ألا يهتم مطلقا بالعدالة أو بالتجاوب السياسي.

وعندما أنتقد الإجماع في الـ IPCC، فإنني أنتقد أكثر من أي شيء آخر عدم حكمة المديرين والسياسيين الذين أجبروا العلماء (أخمّن أن ذلك حصل من دون رغبتهم) على تقديم استنتاجات مراكز المناخ الوطنية والمحلية المختلفة بهذه الطريقة. وقبل أن أنهي هذا الكتاب، قرأت عمل

ستيف شنايدر الحديث المؤثر جدا «**مريض من جهنم**»، عن معركته الطويلة والمؤلمة ولكن الناجحة مع السرطان. يذكر شنايدر، وهو أحد علماء المناخ الأبرز في العالم، في كتابه دوره في اجتماع للأمم المتحدة في جنيف خلال تطوير تقرير مجموعة العمل الثانية التابعة للـ IPCC العام 2001. ويصف كيف جرى التلاعب بالعلم الجيد الذي قدّم في الاجتماعات لإرضاء ممثلي الدول المختلفة المجتمعين كلهم. ويوضح الكتاب أن الكلمات التي استخدمت للتعبير عن عواقب الاحترار العالمي خففت حتى تكون مقبولة من ممثلي الدول المنتجة للنفط، التي رأت أن مصالحها الوطنية مهددة من الحقيقة العلمية. وإذا كان هذا ما تعنيه الأمم المتحدة بالاتفاق، فلا يمكن توقع ظهور الحقيقة العلمية من مداولاتها، وسنضلل بشأن أخطار الاحترار العالمي. وقد يكون هذا أيضا سبب تردد الحكومات الوطنية والوكالات الدولية في تمويل القياسات والمراقبات بينما هي مستعدة لتمويل النماذج المناخية. فالقياسات من قبل العلماء أصعب على الانتقاد. لقد قيل إن الحقيقة هي الضحية الأولى للحرب، ويبدو أن هذا يصدق على التغير المناخي أيضا. وإذا كنت محقا أكثر من الإجماع، فإن هذا يبدل بعمق الطريقة الأفضل للعمل الفردي والسياسي. إن تخفيض حرق الوقود الأحفوري وتخريب الغابات الطبيعية، لن يكون حلا كافيا لمسألة الاحترار العالمي، ليس على الأقل لأن التغير المناخي يبدو كأنه يحدث بسرعة أعلى من قدرتنا على الاستجابة له، وقد يكون لا رجعة فيه. فكر في هذا: لقد أبرمت اتفاقية كيوتو منذ أكثر من عشر سنوات، ويبدو أننا لم نعمل لوقف تغير المناخ منذ ذلك الوقت سوى تقديم إشارات فارغة من المضمون تقريبا. وبسبب سرعة تغير الأرض، علينا أن نتجاوب كما لو كنا سكان مدينة مهددة بالفيضان. فعندما يرون ارتفاع الماء الذي لا يمكن إيقافه، يبقى خيارهم الوحيد هو الفرار إلى أرض أعلى؛ فمن المتأخر جدا بالنسبة إليهم أن يفعلوا أي شيء آخر، كما هو بالنسبة إلينا أن نحاول إنقاذ عالمنا المألوف.

من الصعب فهم مبدأ الأرض القابلة للسكن، حتى لو كان ذلك تشبيها. وسأحاول أن أشرحه لاحقا في هذا الكتاب، ولكن لنهمل الآن التباينات مثل أن الأرض لا يبدو أنها تعيد الإنتاج. إن الدليل على أن الأرض تتصرف

كنظام حي هو قوي الآن. يمكنها إما مقاومة التغير المناخي أو تسريعه، وما لم نأخذ هذا بعين الاعتبار فإننا لن نفهم تصرف الأرض أو التنبؤ به. فكر أنه مَن الغرور الاعتقاد أننا نعرف كيف ننقذ الأرض فكوكبنا يعتني بنفسه. كل ما يمكننا عمله هو محاولة إنقاذ أنفسنا.

يشعر البعض منا، ممن لا يزالون يتجولون في ما كان يدعى بالريف، بشيء خاطئ أو مفقود عندما يرون مزرعة حديثة، بحقولها المملوءة بمحاصيل من صنف وحيد، ويشعرون بالشيء نفسه عند رؤية الغابات المزروعة السوداء والمعتمة من الصنوبريات المغروسة في صفوف منتظمة بعضها قرب بعض لتعظيم كمية الخشب ونوعيته وبالتالي ريعية الغابات. ويجد القليل منا الخطأ الجسيم عندما يرى شاطئا رائعا أو مشهدا ريفيا وقد شوّه بمزارع التوربينات الهوائية الصناعية الضخمة. ومع ذلك إذا ذهبنا إلى غابة أو صحراء أو أي مكان آخر على سطح الأرض لم يلمسه بشر، حيث لاتزال الأشياء تنمو بتعاون ديناميكي فإننا سنجدها جميلة ولكنها مخيفة، مكان ينبه حواسنا إلى الخطر الداهم. وسيقول المكتشف المنفتح وهو يضع على رأسه قبعة الغابة، «هراء، لقد أمضيت معظم حياتي في القفار ولم أشعر بالتهديد قط». وينسى أنه أيضا يلبس حذاء ضد الثعابين، وأنه يحمل في حقيبته أقراصا لتعقيم المياه، وحبوبا ضد الملاريا. لا شك في أن خوفنا الغريزي من الحياة البرية حقيقي، فالمناطق الطبيعية معادية لسكان المدن الأبرياء تماما كسطح كوكب بعيد تسكنه الوحوش. إن أنواع الحياة من الأحياء المجهرية إلى الديدان إلى اللافقاريات إلى الثعابين والنمور وبالطبع البشر الآخرين، كل تلك الأحياء تمثل خطرا كامنا إذا عشنا بالقرب منها. ولا عجب أن يبتعد الإنسان البدائي بحقوله عن الطبيعة، وأن يصبح مزارعا بالتدريج، يرى في الأحياء جميعها عدا الحيوانات الداجنة، ومحاصيل الغذاء، والمساعدة المأجورة، والأقرباء مصدر أذى له. بنينا بعد ذلك المدن - الحصون - لتؤمننا من الحياة البرية وللتغلب على الريف، ولتلبية حاجاتنا للغذاء، والوقود، والمعادن، ومواد البناء. ما من شيء غير طبيعي في عملية التطور هذه. فقد فعلها النمل والحيوانات الاجتماعية الأخرى بطرقها الخاصة أيضا. إن ما يجعلنا نختلف عن كل ما قبلنا هو

أننا نجونا من أسباب الموت المبكر، والافتراس، والمجاعة والمرض - الأشياء التـي أرعبتنا فيما مضى. لقد تكاثرنا الآن ووسّعنا مدننا، وملأناها إلى درجة زحمنا فيها الأرض وحوّلنا كابوس مالثوس(*) المرعب إلى حقيقة، على الرغم من قدرتنا المتعاظمة على الحفاظ على حياتنا، التي لم يتوقعها. إن العالم الطبيعي خارج مزارعنا ومدننا ليس مجرد زينة ولكنه يفيد في تنظيم كيمياء الأرض ومناخها، والأنظمة البيئية هي أعضاء غايا التي تمكّنها من الحفاظ على كوكبنا القابل للسكنى.

ربما تعتقد أنني أبالغ، ولكن منذ متى جلست على ضفة دافئة، ومعشوشبة، تحت أشعة الشمس، وشممت الزعتر البري، أو رأيت النباتات البرية الصفراء والبنفسجية المائلة؟ أراهن أن هذا حدث منذ زمن طويل إن كان قد حدث أصلا. كان في إمكان شكسبير أن يفعل ذلك عندما عاش في لندن، لأن مثل تلك الضفة المعشوشبة كانت على مسافة قريبة مشيا من بيته، وعندما كنت صبيا أعيش في لندن الجنوبية منذ ثمانين عاما، كانت الحافلة تأخذني إلى مثل تلك الضفة في ثلاثين دقيقة؛ أما الآن فإن هذا مستحيل تقريبا. إن المدينة وحواشيها الزراعية موجودة في كل مكان الآن، وهي ضخمة جدا.

إذا كان هذا يبدو تصورا إنجليزيا ضيقا بعض الشيء لتغير الأرض، فإنه مسألة جغرافيا، وليس تعصبا عنصريا. فمع اشتداد الأزمة المناخية، سيتأثر العالم بكامله، ولكن بطرق مختلفة. لقد ذكّرنا السير جون هوتون في كتابه «**الاحترار العالمي**»، الذي نشر العام 2004، أن أعظم التغيرات المناخية ستكون في المناطق القطبية. سيذوب الجليد الطافي أولا، ثم ستنحسر القبعات الجليدية لغرينلاند والقطب الجنوبي؛ وستكون عواقب تغير المناخ في القطبين هي زيادة درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر للعالم بأكمله، وعندها سنشعر جميعنا بهذا التغير. وما عدا تلك المناطق الاستوائية التي تكون فيها الجبال قريبة من المحيط الدافئ بحيث

(*) نسبة إلى توماس مالثوس (1766 - 1834)، وهو مفكر اقتصادي وسياسي إنجليزي اشتهر بنظريته المؤثرة عن التكاثر السكاني، والتي تضمنت حتمية النقص في الموارد الغذائية نسبة إلى زيادة السكان. ويرى البعض أن نظريته تلك اتخذت مبررا للإبادة الجماعية لكثير من الشعوب [المحررة].

تجلب لها الأمطار، فإن الحرارة المتزايدة ستعني الجفاف والخسارة المدمرة في إنتاج الغذاء. يجلب الطقس الحار أمطارا أكثر، لكنها تجري في فيضانات عارمة أو تتبخر بسرعة كبيرة، بحيث تكون أقل فائدة لنمو المحاصيل مقارنة بالمطر الناعم الذي يهطل على أرض باردة مثل إيرلندا. وبالنسبة إلى المناطق القارية حيث يعيش معظمنا في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي؛ سيزداد الجفاف في الصيف. وفي الولايات المتحدة ستعود مرة أخرى ذكريات العواصف الترابية في الثلاثينيات. لقد عانت أستراليا مسبقا من أحد عشر عاما من الجفاف المتواصل. وسيذكر الأوروبيون صيف العام 2003 الفظيع، وفي الصين وأفريقيا وجنوب آسيا ستكون المجاعة هي العدو المألوف. وكقدم فيل على كثيب للنمل، سيحطّم الاحترار العالمي الحياة في سهول القارات.

كيف ستكون الحال بعد عدة سنوات؟ رأينا كيف أن الأرض مرت العام 2007 بمرحلة حرجة عندما انحسرت مساحة الجليد الطافي في القطب الشمالي في الصيف بـ 3 ملايين كم^2 أكبر من المعتاد، وهي مساحة أكبر من إنجلترا بثلاثين مرة. وعلى الرغم من الحرارة الممتصة، فلم ترتفع درجة حرارة العالم؛ وفي الحقيقة فإنها انخفضت قليلا، ربما لأن إذابة الجليد تحتاج إلى 81 مرة من الحرارة التي ترفع الكمية نفسها من الماء درجة مئوية واحدة. وتدعى خاصة الجليد هذه بـ «الحرارة الكامنة». ويمكنك التحقق من ذلك بنفسك بتحضير كأس شاي مملوءة تقريبا بالماء المغلي. سيكون الشاي حارا جدا لتحتسي منه. وإذا أضفت ماء باردا لتبريده فنادرا ما سيؤدي المطلوب، ولكن إذا أضفت مكعبا واحدا من الثلج فسيبرد بما يكفي لتشربه كله في ثوان. وخلال بضع سنوات أخرى قد يختفي الجليد الطافي كله، وستكون الشمس حرة في تسخين محيط القطب الشمالي المعتم، ولن تكون لها بعد ذلك المهمة العبثية في محاولة إذابة الجليد الأبيض العاكس الذي يرد 80% من أشعة الشمس التي يتلقاها، بحيث تحتاج إذابته إلى استهلاك معظم الطاقة المشعة التي كانت ستسخن المحيطات. تذكر حقيقة أنه قبل أن يتمكن المناخ من العودة إلى ما كان عليه قبل الثورة الصناعية، يجب تجميد الجليد الذي ذاب جميعه مرة أخرى، وهذا يعني إعادة سداد

ديـــن الحرارة الكامنة للجليد. ويحذر العالم الأمريكي والي بروكر في كتابه الجديد «**إصلاح المنــاخ**» الذي ألفه مع روبرت كونزيغ من إمكان حدوث تغير مناخي مدمر نتيجة تغيرات بسيطة في مناخ القطب الشمالي.

قد تفلت بعض أنحاء العالم من الأســوأ. ســتبقى المناطق الشــمالية في كندا، وإسكندنافيا، وســيبيريا غير المتأثرة بارتفاع مستوى المحيطات سوف تبقى قابلة للســكنى، وكذلك بعض الواحات في القارات، ومعظمها في المناطق الجبلية حيث لايزال المطر والثلج يهطلان. ولكن الاســتثناءات الأبرز لهذه المحنة العالمية ســتكون البلدان الجزر مثل اليابان، وتاسمانيا، ونيوزيلانــدا، والجزر البريطانية، وجزر عديــدة أخرى أصغر. وحتى في المناطق الاستوائية، قد لا يؤدي الاحترار العالمي إلى تهديد سكان الجزر مثل جزر الهاواي، وتايوان، والفليبين. وســتكون الجزر البريطانية ونيوزيلاندا بــين الدول الأقل تأثرا بالاحترار العالمــي. فمن المحتمل أن يفضّل موقعها المحيطــي المعتدل مناخــا قادرا على دعم زراعة وفيرة. وســتكون من بين قوارب النجاة للبشرية. وبالنســبة إلى الدول التي تحتل أواسط القارات، فإن كل شــيء سيعتمد على كثافتها الســكانية. فالولايات المتحدة وروسيا الاتحاديــة محظوظتــان لأن لهما كثافة ســكانية أقل بـــ 8 و30 مرة على التوالي من بريطانيا، وتحتويان كلتاهما على مناطق شاســعة من الأراضي المتجمّدة مسبقا في مناطقهما الشمالية. أما شبه القارة الهندية، والصين، وجنوب شــرقي آســيا فهي مكتظة ســكانيا، وبعض الدول مثل بنغلادش مهددة فعلا بارتفاع مستوى سطح البحر.

وسيكون العالم البشري المؤلف من جزر على شكل قوارب نجاة محدودا بتوافــر الغذاء، والطاقة، ومكان العيش. تختلف قواعد عالم قوارب النجاة حيــث البقاء هو الأهم كلية عــن تلك القواعد المرفهــة والمريحة للنصف الثاني من القرن العشــرين. ولا أســتطيع إلا أن أتســاءل: كيف ســنتدبر أمورنا، كيف ســيقرر بعضنا من الذين يعيشون على الأجزاء الأكثر جاذبية من الأرض من من الظمأى سيسمح له بالدخول؟ فنحن في المملكة المتحدة لم يبق لنا ســوى مساحة بسيطة من الأرض لنزرعها ونطعم أنفسنا منها، ولكننــا مع اللاجئين إلينا قد لا نقدر على فعل ذلك بأي حال لأن معظمنا

حضريون، ولا نكترث إلا قليلا بالعالم خارج المدينة، ولا ندرك أن حياتنا تعتمد عليه. إن رؤى الاتحاد الأوروبي النبيلة والخيّرة لـ «إنقاذ الكوكب» والتطور المستدام باستخدام الطاقة «الطبيعية» فقط، ربما كان من الممكن لها أن تنجح العام 1800 عندما كان هناك مليار شخص من البشر فقط، لكنها الآن ترف غير واقعي تماما لا يمكننا تحمله. وفي الحقيقة قد تكون العقيدة البيئية التي يبدو أنها تلهم أوروبا الشمالية والولايات المتحدة اليوم في نهاية المطاف مدمرة للبيئة الحقيقية كما كانت العقائد الإنسانية السابقة. وإذا أصرت الحكومات على تمرير مخططات الطاقة المتجددة غير الواقعية والمكلفة، فسنكتشف قريبا أن معظم الريف سيصبح مكانا للحقول المزروعة بمحاصيل الوقود الحيوي، ومولدات الغاز الحيوي، ومزارع الرياح الصناعية، كل ذلك في الوقت الذي نحتاج فيه إلى تلك الأراضي لزراعة المحاصيل الغذائية، والأهم من ذلك لدعم مناخ وتركيب كيميائي قابل للعيش. لا تشعر بالذنب لاختيارك الخروج من هذا الهراء، فالتمحص الدقيق يظهره على أنه خدعة مزينة لمصلحة بعض الدول التي يغتني اقتصادها على المدى القصير ببيع توربينات الرياح، ومصانع الوقود الحيوي، وأجهزة الطاقة الخضراء الأخرى. ولا تؤمن للحظة بكلام البائعين بأن هذه الأجهزة سوف تنقذ الكوكب. إن نغمة رجال البيع تشير إلى العالم الذي يعرفونه، عالم المدن. فالأرض الحقة لا تحتاج إلى إنقاذ. يمكنها إنقاذ نفسها بنفسها، وسوف تفعل، وقد فعلت ذلك دائما، وقد بدأت الآن تفعل ذلك بالتغير إلى حالة أقل فائدة لنا وللحيوانات الأخرى. ما يعنيه الناس بالنداء هو «أنقذوا العالم كما نعرفه»، وقد أصبح هذا مستحيلا الآن.

أعتقد أنه من غير المحتمل أن يأتي أذى خطير من الاستخدام القليل للوقود الحيوي المصنوع من النفايات الزراعية، والمكرر تصنيعه زيت الطبخ، أو الحصاد المعتدل لطحالب المحيطات .. لكن زراعة محاصيل قصب السكر، والشمندر السكري، والذرة، والبذور الزيتية، واللفت، ونباتات أخرى من أجل إنتاج الوقود الحيوي فقط هو بالتأكيد أحد أخطر الإجراءات على الاطلاق. إن المشكلة بالنسبة إلى الجنس البشري هي،

كما عبر عنها وليام جيمس بقوله: «لا يمكن للإنسان أبدا أن يحصل على ما يكفي من دون أن يحصل على الكثير جدا»، ومتى استخدمنا الوقود الحيوي لتحريك سياراتنا وشاحناتنا، فسنحاول زراعته عالميا، بنتائج مدمرة. ولإعطاء فكرة عن الحجم الذي تم مسبقا، خذ مثلا التشريع الطاقي للعام 2007 في الولايات المتحدة، والذي خطط لـ 170 مليار دولار لمصافي الوقود الحيوي وبناها التحتية. لقد قال برنت إيركسون، من منظمة صناعة التقانة الحيوية (BIO): « لقد وصلنا إلى النقطة التي كنا عليها في خمسينيات القرن التاسع عشر عندما قطّر زيت الكاز لأول مرة»، ثم يتابع ليقول إن القانون الجديد يتطلب إنتاج 36 مليار غالون من وقود الكحول من عرانيس الذرة بحلول العام 2022. ومن الواضح من تصريحات إيركسون، ومما يحدث الآن في البرازيل، ومن نوايا الأوروبيين أن الوقود الحيوي ليس مجرد صناعة صغيرة غير مؤذية؛ ولكنه يتألف من مشاريع اقتصادية ضخمة كالعادة. كم من الوقت سيمضي قبل أن نصبح معتمدين على الوقود الحيوي لتحريك سياراتنا وشاحناتنا؟

هل تعي الولايات المتحدة خطر الاحترار العالمي؟ إن القليلين يشكّون في أن الولايات المتحدة هي في الوقت الحالي الدولة الأولى في العلم والاختراع، ولا دليل أفضل على ذلك من جهاز الحاسوب الذي يوجد على طاولاتنا كلها، ويؤدي على الأقل المهام التي كانت تقوم بها سكرتيرة الآلة الكاتبة. لقد لعبت الولايات المتحدة دورا مهما في تطويره. وإذا لم يكن هذا كافيا، فلدينا النزول على سطح القمر، ورحلات استكشاف المريخ، وأساطيل الأقمار المعقدة، من مرقاب هوبل إلى تلك التي تخبرك بالضبط مكان وجودك في العالم. كل هذا وما هو أكثر شاهد على المعرفة الأمريكية وثقتها بإمكان تحقيق المهمة. وحتى نظرية غايا اكتشفت ضمن المناخ الخصب في مخبر الدفع النفاث في كاليفورنيا، وكان عالم الأحياء الأمريكي الشهير لين مارغوليس أول من فهمها وطورها. بالطبع ظهرت التطورات في العلم والتقانة في أوروبا في القرون الوسطى، وانتقل مركز تميزها من أمة إلى أخرى. وبالنسبة إلى نظرية الحاسوب وتقانته، قام باباج، وآدا لافليس، وأكثر الشخصيات

تراجيدية ألان تورنغ بالبحوث الأساسية في المملكة المتحدة. لقد بنى تورنغ مع مجموعته جهاز الحاسوب الفعلي الأول، واستخدمه لفك شيفرة أعدائنا غير القابلة للحل في الحرب. ولكن هذا ما كانت عليه الحال في الماضي. الآن أمريكا هي مركز العلم.

إنني أكيل هذه الأهزوجة من المديح للولايات المتحدة لأنني مندهش من أنها، على الرغم من تميّزها العلمي، كانت الأبطأ من بين الأمم جميعها في إدراك خطر الاحترار العالمي. وأشك في أن لهذا الجهل غير المتوقع علاقة بحقيقة أن استهلاك الفرد من الوقود الأحفوري هناك - وهو أحد المصادر المهمة للتدهور المناخي - أكبر من أي مكان آخر. إنني أراها أكثر نتيجة رؤية معظم العلماء الأمريكيين، بطريقتهم الاختزالية المباشرة الناجحة، للأرض على أنها شيء يمكن تطويره وإدارته، ويبدو أنهم يرونها مجرد كرة من الصخور التي تبلّلها المحيطات، وتتوضع ضمن حلقة نحيلة من الهواء. وحتى المريخ يبدو أنهم يرونه كوكبا يمكن تطويره عندما تصبح الأرض غير قابلة للسكنى. إنهم لا يرون الأرض حتى الآن كوكبا حيا ينظم نفسه بنفسه.

إنهم يفشلون في رؤية ذلك لأن الأرض استعمرت من الأحياء منذ ثلاثة مليارات ونصف المليار سنة على الأقل، وقد نظّمت درجة حرارتها وتركيب سطحها بتفضيلات الأحياء التي شكّلت غلافها الحيوي. كان هذا صحيحا في العصر الجليدي البارد، وهو صحيح الآن، وسيكون صحيحا في العصر الحار الذي سيأتي قريبا. وبالطبع فإن فيزياء الهواء وكيميائيته مهمتان في فهم المناخ، لكن مدير المناخ هو غايا كما كان دوما نظام الأرض الذي يشكل الغلاف الحيوي جزءا منه. كانت الخطيئة العظمى في علم القرن العشرين هي افتراض أن كل ما نحتاج إلى معرفته عن المناخ يمكن أن يأتي من نمذجة فيزياء الهواء وكيميائيته بوساطة حواسب قوية، ومن ثم افتراض أن الغلاف الحيوي يستجيب بحياد للتغير بدلا من إدراك أنه هو الذي يقود هذه التغيرات. ولأننا نقر لأمريكا بالتفوق العلمي، فإن معظم العالم يتبنى نظرتها الخاطئة على أنها الحقيقة. لقد أدرك العلماء البارزون، بشكل متأخر جدا، أن

الملاحظات والقياســات الواقعية تخطّئ نظرة القرن العشرين للأرض على أنها مصدر سلبي. قد يكون هذا كافيا للتنبؤ بالطقس، ولكنه ليس كافيا للتنبؤ بالمناخ بعد عقود من الآن.

إن نوعيــة العلماء المهنيين كأفراد في أمريــكا لا مثيل لها، وهم الذين يراقبون البيئة العالمية بكل دقة، ويتبادر إلى ذهني فورا اســم رالف كيلينغ وســوزان ســولومان، ولكن هنــاك آخرين كثرا في المرتبة نفســها يعملون في وكالــة الفضاء ناســا (NASA)، ومديرية المحيطــات والجو الوطنية (NOAA)، وأقســام العلوم في الجامعات. وتكفّر أمريكا عن نفسها أيضا من خلال الرســائل القوية لآل غور، وجيم هانســن، وســتيف شنايدر. إن كلماتهم تجعلنــا ندرك مقدار خطــورة الاحترار العالمي، ولكن باســتثناء ولســون، وشــنايدر، وروبرت تشارلســون، وبعض علماء الأرض الآخرين، فإن الأغلبيــة مازالت بعيدة عن الفكرة المعقدة عن الأرض الحية. ولاتزال اســتجاباتنا وأفعالنا الجيدة لمنع الأســوأ، أو ربما الهــرب منه، تتطلب أن يعتنــق العلم هذا المبدأ، ويتخلى عن أفــكار التيار الغالب العقيمة عن علم الأرض والحيــاة. لقد بدأ التغير في النظرة يظهر فــي الولايات المتحدة، وربما سيعيد تأسيس زعامته في هذا الجزء الحيوي المهم من العلم.

ربما تعين تجنيد العلماء للخدمة كما حصل في الحرب العالمية الثانية، ولا أعني بهذا أن يكون لشــيء يشــبه مشروع مانهاتن(*). لقد حصل تغير زلزالي في توجهات العلماء في المملكة المتحدة خلال الحرب. وأتذكر جيدا مقابلتي لشــغل وظيفتي الأولى كخرّيــج جديد في يونيو 1941 في المعهد الوطني للبحوث الطبية، في هامســتيد شمالي لندن في ذلك الوقت. كان الفاحص هو مدير المعهد، الســير هنري ديــل؛ وكان أيضا رئيس الجمعية الملكيــة، الحاصل على جائزة نوبل. لقد كان عالمــا كبيرا ورجلا لطيفا ذا أســلوب مباشــر. كان من بين كلماته الأولى لي: «دع جانبا كل الأفكار عن القيــام بالعلم هنا - فالعلم مجمّد حتــى تنتهي الحرب. كل ما يمكنني أن

(*) مشــروع أمريكــي لتطوير القنبلة النووية الأولى خلال الحــرب العالمية الثانية (1939 - 1945)، نجح، بمشــاركة من بريطانيــا وكندا، في تفجير ثلاث قنابــل نووية في العام 1945 في كل من صحراء ألا موغوردو في ولاية نيومكســيكو الأمريكية، وهيروشــيما وناغازاكي في اليابان [المحررة].

أقدمه لك هو مشاكل راهنة تحتاج إلى حل، اليوم أو الأفضل البارحة».
ثم أضاف: «بعد الحرب سنعود مرة أخرى إلى العلم الحقيقي، وسيكون هذا الانتظار مجزيا». وبالطبع كان السير هنري مخطئا. لقد زودت الحرب تربة خصبة للعلم الحقيقي عندما نحّي البحث العلمي البطيء في أيام السلم جانبا. لقد وجدت العلم أثناء الحرب مثيرا ومحرّضا، وعندما حلّ السلم استأت من العودة إلى ملاحقة المجد الشخصي وضياع الشعور بالدهشة اللذين يشوّهان العلم الحديث. تذكّر أن البنسلين طور لأول مرة خلال الحرب وكذلك ولد علم المضادات الحيوية بأكمله. تذكر أيضا عندما تستخدم المايكروويف أن الماغنترون الموجود داخله اخترع من قبل بوت وراندال في الأربعينيات لتحسين الرادار في أثناء الحرب. وقاد البحث العلمي في الرادار مباشرة إلى علم راديو الفلك وإلى فهم جديد حول الكون. وفي ألمانيا قادت الضغوط للاختراع زمن الحرب العالم فون براون إلى تطوير الصواريخ التي كانت الأساس لعلم الفضاء الذي مكّننا الآن من أن نأخذ الأقمار الاصطناعية أمرا مسلما به، وأن نرى استكشاف الكواكب بعربات آلية ترفا يسيرا.

يقرّ سياسيو العالم المتقدم بالتغير المناخي، ولكن سياساتهم تبدو كأنها لاتزال كما كانت في القرن العشرين، مبنية على نصيحة جمعيات البيئة ومجتمع رجال الأعمال الذين يرون منفعة ضخمة على المدى القصير من خطط الطاقة المدعومة. ويبدو أنهم نادرا ما يتصرفون بناء على نصيحة مستشاريهم العلميين. وفي بالي، وافق الزعماء السياسيون على تخفيض إصدارات الكربون كلها بنحو 60% بحلول العام 2050. ما الذي جعلهم يعتقدون أن في إمكانهم تخطيط سياساتهم للعالم لأربعين سنة مقبلة؟ إن السياسات المبنية على استمداد غير مبرر وعلى عقائد بيئية لا يمكن لها أن تتجنب التغير المناخي، وعلينا ألا نحاول حتى تنفيذها. وبدلا من ذلك على زعمائنا أن يركزوا عقولهم مباشرة في المحافظة على بلدانهم بوصفها مواطن قابلة للحياة. ومن الممكن إلهامهم ليفعلوا ذلك ليس من منطلق مصلحتهم الوطنية الأنانية فقط، ولكن كربابنة لسفن النجاة التي قد تتحول إليها بلادهم. وتتلكأ الحكومات في دعم الطاقة النووية على

الرغم من أنها أفضل وسيلة لخفض إصدارات ثاني أكسيد الكربون، ولكن هذا ليس هو السبب الأهم كي نقلد فرنسا ونولّد الكهرباء من اليورانيوم. الأهم هو أن المدن تتطلب مددا ثابتا واقتصاديا من الكهرباء، والذي أتى حتى وقت قريب من الفحم والغاز، ولكنهما الآن يتناقصان ولا بديل لهما سوى الطاقة النووية. وستكون هناك حاجة إلى دفق ضخم من الكهرباء للمدن العملاقة التي بدأت في الظهور، ويمكن تلبية هذا الطلب على المدى القصير فقط عن طريق التوسع السريع والقوي في الطاقة النووية. وبالنسبة إلى أوروبا فإن هذه الحاجة أكثر إلحاحا لأنها لا تمتلك إلا القليل من الأرض لزراعة المحاصيل الغذائية، والزراعة المكثفة تحتاج إلى طاقة وفيرة. ومع نضوب النفط، يجب تخليق الوقود للآلات المتحركة في البناء، والنقل، والزراعة. وليس من الصعب فعل ذلك من الفحم الحجري أو من الطاقة النووية، ولكن علينا أن نبدأ التحضير لها من الآن. وربما كان علينا أن نفكر في التخليق المباشر للغذاء من ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين، والماء، واستنبات النسج.

وسيكون هناك سيل من المعلومات الخاطئة ضد الطاقة النووية من شركات الطاقة التي تهدد أرباحها وحتى من الدول التي ترى أن قوتها ونفوذها سيتناقصان. لا تصدق حكايات كتلك التي تدعي أن بناء مصدر جديد للطاقة النووية يستغرق من 10 إلى 15 سنة. فبناء المحطة يستغرق من الفرنسيين أقل من خمس سنوات، ولا يوجد أي سبب ليستغرق أكثر من ذلك، فالتأخير سببه الزمن الزائد الطويل الذي تستغرقه وكالات التخطيط، وغرف المحاكم، وجلسات الاستماع للجمهور. إنني آمل ألا يستمر البيئيون ومرافقوهم من المحامين في معارضتهم الخاطئة للطاقة النووية. إن معظمها غير عقلاني ومبني على سلسلة لا يمكن تبريرها من الأخطاء والمعلومات المضللة التي تضخمها وسائل الإعلام. وسيكون من الجيد لو قلل المحررون والصحافيون من رغباتهم في نشر قصة مخيفة، بدعوى أنه من دون إمداد وافر من الطاقة النووية فإن الحياة في مناطق عديدة يمكن أن تنحدر إلى حالة الفقر خلال عقد واحد أو اثنين. وبوضع البشرية أولا وإهمال غايا، يبذر العديد من البيئيين بذور خرابهم، وخرابنا

أيضا إذا استمروا في ذلك، ويمكنهم أن يخففوا من خطئهم بالتخلي عن تكتيكاتهم المبطئة ضد الطاقة النووية. والأهم أنهم سيساعدون بهذا في تحريك قارب النجاة، بدلا من أن يعطلوا المحرك، كما يفعلون الآن.

من العبث التفكير في أننا نستطيع أن نبدل استجابة الأرض لمصلحتنا باستخدام طاقة الرياح أو الطاقة الفولطائية الشمسية بحالتهما الراهنة من التطور. إن مزرعة ريحية مؤلفة من عشرين توربين بقدرة 1 ميغا واط لكل توربين تتطلب أكثر من عشرة آلاف طن من الإسمنت المسلح. وستكون هناك حاجة إلى مائتين من هذه المزارع الريحية تغطي مساحة ألف ميل مربع لتكافئ الإمداد الثابت من الطاقة لمحطة وحيدة تعمل بالفحم الحجري أو بالطاقة النووية. والأكثر عبثا من ذلك يجب بناء محطة طاقة نووية أو فحم حجري بحجم كامل لكل واحدة من هذه المزارع الريحية الهائلة لدعم التوربينات الريحية لـ 75 في المائة من الوقت عندما تكون سرعة الرياح أعلى أو أقل من اللازم. وكأن هذا كله لا يكفي لتخفيف الحماس الزائد لطاقة الرياح، فبناء مزرعة ريحية بقدرة 1 غيغا واط سيستهلك مليوني طن من الإسمنت، وهي كمية كافية لبناء بلدة لـ 100 ألف مواطن يعيشون في 30 ألف منزل؛ وسيؤدي تصنيع مثل هذه الكمية من الإسمنت المسلح واستخدامها إلى إصدار نحو مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في الهواء. ولكي نبقى أمة متحضرة فإن مدننا في حاجة إلى مدد ثابت وآمن ووفير من الكهرباء والتي يمكن للفحم الحجري أو الغاز أو الطاقة النووية فقط أن تؤمنه، ويمكن للطاقة النووية فقط أن تزودنا بمدد ثابت من الوقود. لقد رأينا مسبقا كيف أن إمدادات الغاز معرضة للخطر بسبب صلاحية أنابيب الغاز التي تمتد ربما لألف ميل، وبسبب سياسات الحكومات العدائية. وستكتشف قريبا تكلفة مخططات الطاقة البديلة عندما ترتفع الضرائب وفواتير الكهرباء لتدفع ثمن الطاقة المتجددة التي لم تطلبها. وستقدم أموالك ربحا سهلا يؤخذ من الضريبة أو من الدعم. لقد فرضت هذه الفواتير علينا كي يبدو السياسيون صالحين وأصدقاء للبيئة، ولتصبح بعض الدول والصناعات أغنى. إنها لا تفعل شيئا للأرض.

كانت الاستجابة الأكثر تكرارا من أصدقائي البيئيين على الرسالة المتشائمة في كتابي السابق هي: «لا يمكنك أن تقول أشياء كهذه. فهي لا تقدم لنا شيئا لنتفاءل به». كان هذا نقدا جيدا، ساعد على تصفية ذهني، وجعلني أدرك لماذا يقال إن فترة حياة الأنبياء قصيرة. لقد أدركت أنني قلت الكثير جدا عن الكارثة القادمة ولكنني لم أقل إلا القليل جدا عن كيف أنه في إمكاننا أن نحاول التأكد من استمرار بقائنا على سطح الأرض، ونقدم لأحفادنا فرصة البقاء في العالم الحار الذي قد يأتي سريعا. إننا نشكل النخبة الذكية بين أنواع الحيوانات الحية على الأرض، ومهما كانت أخطاؤنا فإن غايا في حاجة إلينا.

قد يبدو هذا تصريحا غريبا بعد كل الذي قلته عن الطريقة التي أصبح بها بشر القرن العشرين كائنات كوكبية ممرضة تقريبا. لكن الأمر استغرق من غايا 3.5 مليار عام لتطوير حيوان يمكنه أن يفكر وينقل أفكاره للآخرين. وإذا ما فنينا فلن يكون لديها سوى فرصة ضئيلة لتطوير حيوان آخر مثلنا. وسأقوم بالتوسع في هذا المنحى من التفكير لاحقا في الكتاب.

عندما حذّرت أن تشاؤمي سيحبط أولئك الذين سيحسّنون بصمتهم الكربونية أو يقومون بزراعة الأشجار، فإنني أرى أن مثل تلك الجهود على الأقل هراء عاطفي، أو على الأسوأ نفاق. هناك الآن وكالات تسمح للمسافرين في الطائرات بزرع الأشجار للتعويض عن ثاني أكسيد الكربون الزائد الذي تضيفه طائراتهم إلى الهواء المتخم به. ويشبه هذا صكوك الغفران التي باعتها الكنيسة الكاثوليكية للمذنبين الأغنياء ليعوضوا عن الوقت الذي كانوا سيقضونه يوم القيامة في التكفير عن ذنوبهم. قمت منذ نحو ثلاثين سنة سابقة بحماقة بزراعة عشرين ألف شجرة، آملا أن أعيد المزرعة التي اشتريتها إلى الطبيعة. إنني أدرك الآن خطأ ذلك. كان عليّ أن أترك الأرض من دون تغيير وأن أدع النظام البيئي الطبيعي، الغابة الطبيعية تمتلئ بأنواع متنوعة وغنية من الحياة، وفق الزمن الذي تحتاج إليه غايا. وعلى النقيض من مزرعة مجردة، فإن غابة كهذه يمكنها أن تتطور، أو تموت إذا كان ذلك محتما، مع تغير المناخ. إن زرع شجرة لا يخلق نظاما بيئيا كاملا مثلما أن وضع كبد في جرة تغذى بالدم والمغذيات لا يصنع إنسانا.

آمل أن يكون كتاب تيم فلانيري الرائع «**صانعو الطقس**» وكتابي الأخير «**انتقام غايا**» قد حققا بعضا من غايتهما. لقد قصد من كليهما أن يكونا صيحات استيقاظ مثل صرخة صاحب الحانة التي كانت تتردد قديما «الطلب الأخير. حان الوقت يا سادة، رجاء»، وهو تحذير بأن أبواب الحانة ستغلق قريبا، وأنه سيرمى بنا إلى العراء خارجا. آمل أن يعي عدد كاف منا الآن أن العالم المريح والمترف الذي عرفناه فيما مضى قد ولى إلى الأبد. ولكنني أخشى أننا لانزال نحلم، وبدلا من أن نستيقظ، ننسج صوت ساعة الإنذار في أحلامنا.

ربما لا ندرك سرعة تغير الأرض لأننا نتأقلم معها سريعا. وإذا كانت درجة الحرارة المتوسطة في شهر يناير في الولايات المتحدة هي 45°ف، فإننا نشعر بالبرودة معظم الوقت، ويلتف المواطنون بأثوابهم في الصباح المتجلد أو عندما تهب الريح الشمالية الشرقية. إنهم يتمتمون: أين هو الاحترار العالمي الآن؟ وفي الصيف يكون متوسط درجة الحرارة 68°ف، في يوليو، ويستمتعون بأسبوع درجة حرارته العظمى 86°ف، ولكنهم يتذمرون إذا هبطت إلى 59°ف، للمدة نفسها. ومع ذلك فمنذ عشرين سنة مضت كان ينظر إلى درجات الحرارة هذه على أنها مرتفعة بشكل غير معقول. كان هطول المطر في المقاطعات الشرقية في المملكة المتحدة منخفضا دوما وفي حدود عشرين إنشا في العام، ولكنها كانت دوما خضراء يانعة لأنها ظلت باردة خلال فصل الصيف. وفي المقابل فأريزونا، التي لديها هطول مماثل، هي تقريبا صحراء جرداء بالكامل، لأنها ببساطة أحر بكثير، ولأن المطر الذي يهطل يجف أو يجري في قنوات قبل أن تستفيد منه النباتات. لقد أصبحت مقاطعة «كنت» في أقصى الجنوب الشرقي منذ فترة فقيرة بالماء، وأصبح جنوبي أوروبا الآن صحراء تقريبا. إن تأقلم حيوانات منفردة ليس صعبا جدا، وعندما تنتقل قبيلة من منطقة معتدلة إلى منطقة استوائية فستمر عدة أجيال قبل أن يغمق لون الأفراد مع قيام الانتقاء بالتخلص من ذوي البشرة الفاتحة. وهذا هو الأمر بالنسبة إلينا جميعا، لقد تغير عالمنا إلى الأبد، وعلينا أن نتأقلم معه، ولأكثر من تغير المناخ. وحتى في أثناء حياتي، فقد تقلّص العالم من

عالم واسع جدا ليكون الاستكشاف مغامرة، واحتوى على أماكن بعيدة عدة لم يطأها أحد من قبل. لقد أصبح العالم الآن مدينة لامتناهية تقريبا مدفونة ضمن مناطق زراعية كثيفة لكنها مدجّنة وقابلة للتنبؤ. وقد تعود قريبا لتصبح مرة أخرى برية واسعة. ولكي نبقى في هذا العالم الجديد نحتاج إلى فلسفة «**غايائية**»، ونهيئ أنفسنا لمقاتلة محارب همجي يحاول أن يقبض علينا وعلى عالمنا.

وفضلا عن حدوث العواصف، والفيضانات المدمرة، وموجات الحر الشديد، أو الجليد غير المتوقع أحيانا، فإن المناخ سيتغير ببطء، وبشكل غير ملحوظ في البداية. وسينسى الناس الذين يقطنون في المدن كما في أوروبا وأمريكا ذلك، حتى في أيام الرخاء منذ فترة ليست بالبعيدة، لم تكن هناك حاجة ماسّة إلى تكييف الهواء في الصيف. وعلى المدى القصير، فمن المحتمل ألا يحدث الكثير بالنسبة إلى المناخ مما يستدعي تأجيج ثورة. إن ما قد يؤدي إلى ذلك هو النتائج الوخيمة لارتفاع مستوى سطح البحر، الذي قد يؤدي إلى تخريب مدينة رئيسة أو انقطاع إمدادات الغذاء أو الكهرباء. وستزداد هذه المخاطر سوءا نتيجة التدفق المتزايد باستمرار من لاجئي المناخ. إن الأخطار الأهم ليست من تغير المناخ بحد ذاته، ولكنها تنتج بشكل غير مباشر من المجاعة، والصراع على الأرض والموارد، والحروب.

تشبه محنة البريطانيين العام 1940 إلى حد ما حالة العالم المتحضر الآن. ففي ذلك الوقت قضينا نحو عقد من الزمان تقريبا في الاعتقاد الطيب ولكن الخاطئ بأن السلام هو كل ما يهمنا. ويشبه مؤيدو مجموعات السلام في الثلاثينيات حركات البيئة اليوم. كانت نواياهم أكثر من جيدة، ولكنها كانت غير ملائمة تماما للحرب التي كانت على وشك الحدوث. إن الخطأ الأساس بالنسبة إلى مجموعات البيئة الآن يظهر في الاسم «**السلام الأخضر**»، وبدمجهم إنسانية حركات السلام مع الإيمان بالبيئة فإنهم عن غير قصد يؤنسنون **غايا**. لقد حان الوقت للانتباه وإدراك أن **غايا** ليست أمّا حنونا تربي البشر، ويمكن استرضاؤها بإشارات مثل تجارة الكربون أو التنمية المستدامة.

إن **غايا** على الرغم من أننا جزء منها، هي التي ستملي دوما شروط السلام. لقد استيقظنا نحن في بريطانيا العام 1940 لنجد أمامنا عبر القناة قوة أوروبية معادية تماما لنا على وشك أن تجتاحنا. لقد كنا وحدنا من دون حليف فاعل، ولكننا كنا محظوظين بوجود قائد جديد، هو **ونستون تشرشل**، الذي أيقظت كلماته المؤثرة الأمة بكاملها من غفلتها: «**ليس لدي ما أقدمه لكم سوى الدم، والتعب، والعرق، والدموع**». إننا جميعا في حاجة إلى تشرشلات جديدة لتقودنا من التفكير الملتصق والمترهل والاتفاقي الذي سيطر علينا في نهاية القرن العشرين، ولتربط دولنا بجهد دؤوب مخلص لشن حرب صعبة. إننا في حاجة إلى زعيم يحمّسنا جميعا ولكن على وجه الخصوص يحرك أولئك البيئيين الشباب الذين احتجوا بشجاعة فائقة على أشكل تدنيس حرمة الطبيعة والحياة البرية كلها. أين هي فرق «الأرض أولا» الآن؟

كان أكثر ما أثّر فيّ أثناء تأليف هذا الكتاب هو فكرة أننا نحن البشر جزء رئيس من **غايا**، ليس من خلال ما نحن عليه الآن، ولكن من خلال إمكاننا كصنف أن نكون أجدادا لحيوان أفضل منا بكثير. وسواء أحببت ذلك أو لا، فنحن الآن قلبها وعقلها، ولكن كي نستمر في التطور لممارسة هذا الدور، علينا أن نضمن بقاءنا كأصناف متحضرة، وألا نرتد إلى تجمعات من قبائل متحاربة كانت تشكل مرحلة من تاريخ تطورنا. إنني متأثر بفكرة أن نظام الأرض **غايا**، قد وجد لأكثر من ربع عمر الكون، وأنه استغرق ذلك الزمن الطويل لتطوير صنف من الحياة يمكنه أن يفكر، ويتواصل، ويخزّن أفكاره وتجاربه. وكجزء من **غايا**، فقد بدأ وجودنا يجعل العالم عاقلا. وسنكون فخورين لنكون جزءا من هذه الخطوة المهمة، الخطوة التي قد تساعد **غايا** على البقاء مع استمرار الشمس في زيادة إنتاجها البطيء، لكن غير الممكن إيقافه من الحرارة، جاعلة النظام الشمسي بيئة معادية باستمرار. علينا أن نفعل كل ما في وسعنا، والفصل الخامس هو عن الأفكار التي تدور الآن بين العلماء والمهندسين والتي يمكن لها أن تعكس التغير المناخي. وهي حتى الآن غير مجربة، وغير مؤكدة، وربما كانت خطرة إلى حد ما، مثل الدواء والجراحة في القرن التاسع

عشر. وإذا استطعنا الحفاظ على الحضارة حيّة خلال هذا القرن، فلربما تتاح لنا الفرصة كي يخدم أحفادنا يوما ما **غايا** ويساعدوها في تنظيم المناخ الذاتي الدقيق، وفي تركيب كوكبنا.

لقد استمتعنا باثني عشر ألف عام من السلام المناخي منذ الانزياح الأخير من العصر الجليدي إلى عصر ما بين الجليديتين. وقد نواجه، قبل مضي زمن طويل، تخريبا كوكبيا أسوأ بكثير من حرب نووية لا محدودة بين القوى العظمى. ويمكن لهذه الحرب المناخية أن تقتلنا جميعا تقريبا، وتترك بعض الناجين يعيشون حياة العصر الحجري. ولكن لدينا في مناطق عديدة من العالم، بما في ذلك المملكة المتحدة، فرصة للبقاء، وربما للعيش بشكل جيد. وليكون ذلك ممكنا علينا أن نجعل قوارب نجاتنا قادرة على الإبحار الآن. وحتى لو أمهلتنا بعض الحوادث الطبيعية مثل سلسلة من البراكين الضخمة أو تناقص الإشعاع الشمسي، فمازال من الأفضل أن نصرف نقودنا وجهودنا لجعل بلداننا مكتفية في الغذاء والطاقة، وإذا أردنا أن نصبح كلنا من سكان المدن أن نجعلها مدنا نفخر بالعيش فيها.



2

التنبؤ بالمناخ

«إذا كنا نفشل الآن في التنبؤ بما حدث مسبقا، فكيف يمكن لنا أن نثق بالتنبؤات لأربعين أو تسعين سنة من الآن؟»

المؤلف

صرحت ببعض العبارات القوية حول المناخ في المستقبل وعواقبه بالنسبة إلينا جميعا في الفصل السابق. وربما تسأل: ما السلطة التي تخولني أن أفعل ذلك؟ لماذا عليك أن تقرأ - بل وتصدق - عالما واحدا، في الوقت الذي يعبّر فيه اتحاد معظم علماء المناخ في العالم وهو الـIPCC عن اتفاق أكثر اعتدالا حول التغير المناخي؟ إن مؤهلاتي مسجّلة في سيرتي الذاتية، «**الولاء لغايا**»، ولكن ما يجعل تنبئي بالمناخ في المستقبل مختلفا ليس مجرد خلاف بين العلماء، على الرغم من أن هذا طبيعي وصحي بما يكفي، فما يدفعني إلى التصريح بقوة والتحدث عن الكارثة هو أنني عالم يتأثر بالبراهين التي

تأتي من الأرض، والتي ينظر إليها من خلال نظرية غايا. إنني أعمل بشكل مستقل، فلست مسؤولا أمام وكالة بشرية - دين، أو حزب سياسي، أو وكالة حكومية أو تجارية. إن هذا الاستقلال يسمح لي بأن أعتبر سلامة الأرض دون التقيد بأن يأتي رخاء البشرية أولا. وبهذه الطريقة أرى أن سلامة الأرض تأتي أولا، لأننا نعتمد كلية على كوكب سليم من أجل بقائنا. إن ما أوحى لي بأن أؤلف هذا الكتاب هو أنني سمعت في خريف العام 2007 أن الـ IPCC توصلت إلى اتفاق حول المناخ في المستقبل. إنني أعرف علماء الـIPCC، وأجلهم، والعديد منهم من أصدقائي الشخصيين، ولكنني صدمت لسماع أنهم توصلوا إلى اتفاق حول قضية علمية. إنني أعلم أنه لا يوجد مكان لمثل هذه الكلمة في قاموس العلم، إنها كلمة جيدة ونافعة، ولكنها تنتمي إلى عالم السياسة، وغرف المحاكم، حيث يشكّل التوصل إلى اتفاق طريقة ناجعة لحل الخلافات بين الناس. إن العلماء معنيّون بالاحتمالات وليس بالتأكيدات أو بالاتفاق الجماعي. (يشكّل كتاب لويس ولبرت «**الطبيعة غير الطبيعية للعلم**» مدخلا رائعا لهذه الطرق المختلفة من التفكير). يمكن للـIPCC أن تكون أفضل اتصال فعّال لدينا بين علم المناخ وقضايا البشر وسياساتهم: لقد كان سيئا بما يكفي رؤية مجموعة نماذج تنبئية احتمالية صادقة تعرض بشكل وفاقي، ولكني عندما رأيت أيضا كيف اختلفت الملاحظات المناخية في عالم الواقع عن التنبؤات من النماذج المناخية التي صنعتها الـ IPCC منذ سنوات قليلة، علمت أن الواجب يملي علي أن أتكلم.

وأكثر من ذلك يبدو لي أن هناك فهما ضئيلا للمخاطر الكبيرة التي نواجهها. لقد بدا أن متلقي تنبؤات المناخ كلها، من وسائل الإعلام، وأجهزة الدولة، وأسواق المال وشركات التأمين - وهي عادة متقلبة كمراهقين خجولين - لم تتأثر بالتغير المناخي، واستمرت في عملها كالمعتاد حتى انهار الاقتصاد العالمي تقريبا. وفي الحقيقة فقد كان الدافع المتزايد للظهور بمظهر المدافع عن البيئة هو التغير الوحيد الملحوظ على الحياة العامة، والذي أصبح أكثر توترا بسبب الظروف الصعبة التي فرضها ركود الاقتصاد الأولي.

أتمنى لو كانت لدي ثقة أكبر بقدرتنا على التنبؤ بمناخ العام 2050. أتذكر جيدا التنبؤات حول المناخ الحالي التي قدمت في الستينيات. لم تلمح أي منها حتى إلى التغيرات المناخية التي جرت فعلا، وفي الحقيقة فقد تنبأ معظمها بأن العصر الجليدي أكثر احتمالا من الاحترار العالمي. لقد شاركت التخمينات الأفضل حول الحياة في القرن الحادي والعشرين رؤية الملهم العظيم هيرمان كاهن الذي تنبأ بعالم رحيم يمتلك تقانة عالية، حيث يعيش كل إنسان فيه بمستوى سكان سكارسديل، وهي الضاحية التي عاش فيها بالقرب من نيويورك، وإذا نظرت إلى الطبقة الوسطى المزدهرة في الصين والهند الآن، فإنه لم يكن مخطئا كثيرا. لقد كان كاهن جيدا في التنبؤ بالطريقة التي يتطور فيها عالم البشر، ولكنه كان جاهلا تماما بالأرض وبعواقب النمو السكاني، والزراعي والصناعي كثيف الطاقة. وبثقة كاهن نفسها يتحدث سياسيونا اليوم باقتناعات عن عالم العام 2050 يلائم معيشة 8 مليارات شخص على أرض أحرّ بـ 4 درجات مئوية، حيث تستقر درجة الحرارة وتنظّم الانبعاثات. إنني أتساءل عما إذا كانت لجنة حكومية للتغير الاقتصادي ستكون متفائلة بالقدر نفسه حول العالم العام 2050؟ إننا نستنكر المتلاعبين الأذكياء الذين «يهرفون ويقبضون» لبيع بنك، لكنهم يمدحون الحكومات التي تقدم الدعم للمعالجات السحرية لعلل المناخ، وأموالا سهلة للشركات التي تبيعها. ويبدو أننا مازلنا نفكر في أننا سنستمتع بحلول منتصف القرن بعالم مريح يديره البشر بشكل جيد. لم ندرك تماما في ستينيات القرن الماضي أننا نقطن كوكبا حيا تتعارض متطلباته مع متطلباتنا. ومن السهل جدا التنبؤ بالمستقبل عندما نتصور جميعنا أن الحياة ستكون شبيهة جدا بالحياة الآن، ولكنها ستختلف ببعض التفاصيل غير المهمة أو غير السارة الملتصقة بها. وهذا هو سبب نجاح كاهن الكبير. لقد كانت رسالته الواضحة هي التالي: استمروا في العمل كالمعتاد وسيكون كل شيء على ما يرام - وهذا تماما ما كنا نود سماعه. ولا أرى أي فارق مهم بين توصياته وتوصيات سياسيينا ومساعديهم الآن. إنهم يغلّفون رهاناتهم بتعاويذ خضراء، ويهدفون إلى تنمية مستدامة، ولكن هل يستطيع هذا أن يفعل أكثر من الصلوات التي يقدمونها في البرلمان؟

لســت معارضا؛ وبدلا مــن ذلك فإنني أحترم كثيــرا علماء الـ IPCC، وكنــت أفضل قبول اســتنتاجاتهم حول التغير المناخي علــى أنها حقيقة. إنني لا أســتمتع بالجدال من أجل الجدال فقط، ولكن لا يمكنني أن أهمل الاختلافات الكبيرة الموجودة بين تنبؤاتهم وما تمت ملاحظته.

إننا نعلم في القضايا الإنسانية أن «من يتردد يخسر»؛ ويتحدث علماء الاجتماع عن ظاهرة «التناقض الإدراكــي»، التي عرفها واضع المصطلح، ليون فيستنغر، بالشعور بعدم الارتياح الذي نحس به عندما نحمل فكرتين متناقضتين في الوقت نفســه، وبالدافع لخفض هذا التناقض عن طريق تغييــر إحدى الفكرتــين أو رفضها. وهي تعمل عندمــا نختار بين أمرين متعادلين تقريبا ونضفي على خيارنا، بعد اختياره، ميزة فائقة على الخيار الآخر البديل، كي نستطيع رفضه بكل سرور. ويجب أن تكون عملية اتخاذ القــرار جزءا من موروثنا الجيني؛ فنحــن في حاجة إلى حالة التأكد تلك في التبادلات البشــرية. علينا أن نختار ثم أن نؤمن بخيارنا، وينطبق هذا على الوظائــف التي نتقلّدها، وكيف نصوّت فــي الانتخابات، ومعاملات الشــراء التي نجريها، وحالات الزواج التــي نلتزم بها. وينطبق أيضا على القاضــي أو هيئة المحلفين، ولكنها أســوأ حتى من أن تكون بلا فائدة في العلم. لكن العلماء بشــر، ولا نســتطيع أبدا أن نتخلــص تماما من تأثير التناقض الإدراكي.

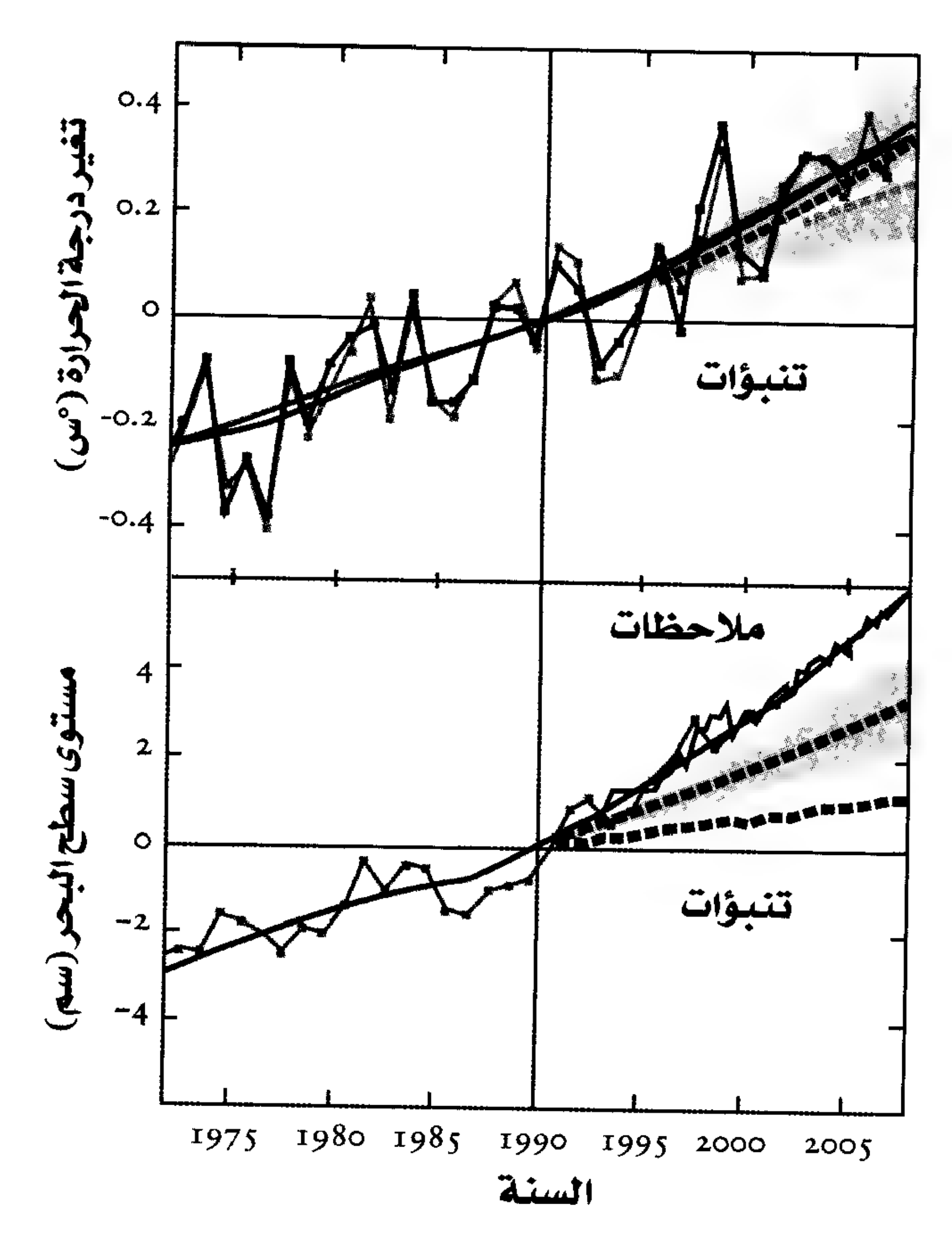
إن مجــال التنبؤات لنمــاذج الـ IPCC المختلفة واســع جدا بحيث إنه من الصعب الاعتقــاد أنها موثوقة بما يكفي لتســتخدمها الحكومات في تخطيط سياساتها للتخفيف من التغير المناخي. إنها محاولة شجاعة لمهمة علمية صعبة جدا، وربما نتوقع الكثير جدا منها: وســيكون من الخطأ أن نتوقــع أن تكون وجهة نظــر اللجنة الحكومية لتغير المنــاخ IPCC مقبولة حقا. إن الســبب الرئيس للشــك هو حقيقة أن التنبؤات لا تتفق مع الأدلة الجيدة مــن الأرض التي حصل عليها علماء وظيفتهم القياس والملاحظة. وتظهر هذه الأدلة فشــل الـ IPCC في التنبؤ بمســار المناخ بشكل صحيح حتى العام 2007، وســأقوم بعرض ذلــك بالتفصيل بعد قليل. والأكثر من ذلك فإن تاريخ مناخ الأرض على المدى البعيد يظهر وجود عدد من حالات

المناخ المستقرة ولكن المختلفة، والتي لا تتنبأ نماذج المناخ الحالية بوجودها. إنني أثق بملاحظات العلماء الذين يجرون القياسات على المناخ، وأيضا بالملاحظات غير الشخصية الشاملة للأقمار الصناعية التي تراقب الأرض من دون كلل من الفضاء، وبمراقبة المحيط الآلية التي تسجل حالة المياه باستمرار. ولكن لدي ثقة أقل كثيرا بالنماذج التي تتنبأ بمستقبل المناخ. علينا ألا نتوقع أن تكون النماذج المناخية موثوقة - فقد تطورت أخيرا من الحاجات الملحّة للتنبؤ بالطقس على المدى القصير، وهي محددة بنظرية مناخية مؤسّسة بالكامل تقريبا على فيزياء الغلاف الجوي، وحتى هذا العلم هو أبعد من أن يكون تاما. إن العلم يعمل جيدا ضمن حدوده، لكن الفهم الكامل للمناخ يشمل شيئا أوسع من فيزياء الغلاف الجوي فقط. ويبذل العلماء الفطنون في عدد من مراكز المناخ الرئيسة جهودا جدية لبناء نماذج مناخية أكثر شمولا، ولكنه بالتأكيد من عدم الحكمة للحكومات أن تؤسس سياسات لأبعد من 40 سنة في المستقبل على تنبؤات أجريت منذ عدة سنوات من نماذج اعترف بأنها غير كاملة.

ما الدليل للاعتقاد أن الـ IPCC قد تكون قللت من خطورة التغير المناخي؟ في العام 2007 نشرت ورقة بصفحة واحدة في مجلة العلوم من قبل مجموعة من المؤلفين وكلهم من علماء المناخ المرموقين (راهمشتروف وزملائه). ويوضح الشكل «2-1» المأخوذ من هذه النشرة نتائجهم.

تشير الرقعة الرمادية في اللوحة في الأسفل إلى تنبؤات الـ IPCC بارتفاع مستوى سطح البحر حتى العام 2007، وتمثل مجموعة النقاط المتصلة والخط المتصل في الأعلى القياسات المتوسطة والفردية لمستوى سطح البحر من العام 1970 وحتى العام 2007. لقد ارتفع مستوى سطح البحر المقيس 1.6 مرة أسرع من المتنبأ به. وتوجد فروق مماثلة لكنها أقل بتنبؤات درجة الحرارة المبينة في اللوحة الأعلى. وتمثل المنطقة المظللة مرة أخرى مجال تنبؤات الـ IPCC والخط المتجول الذي يصل بين الـ X متوسط درجة حرارة الأرض الملاحظة. هذا التباين ليس كبيرا كما هو في مستوى سطح البحر، ولكنه يبقى خطيرا إذا أخذنا بعين الاعتبار أننا نقارن التوقعات مع ما حدث فعلا.

وبالنسبة إلي فإن أكثر المقادير أهمية ليس متوسط درجة حرارة الأرض، ولكنه كمية الحرارة الزائدة التي امتصتها من الشمس. إن متوسط درجة حرارة الأرض هو مثل موازنة الحساب الجاري الذي لا بد أن يختلف من يوم لآخر، وكمية الحرارة الكلية الممتصة مؤشر على الاحتياطات.



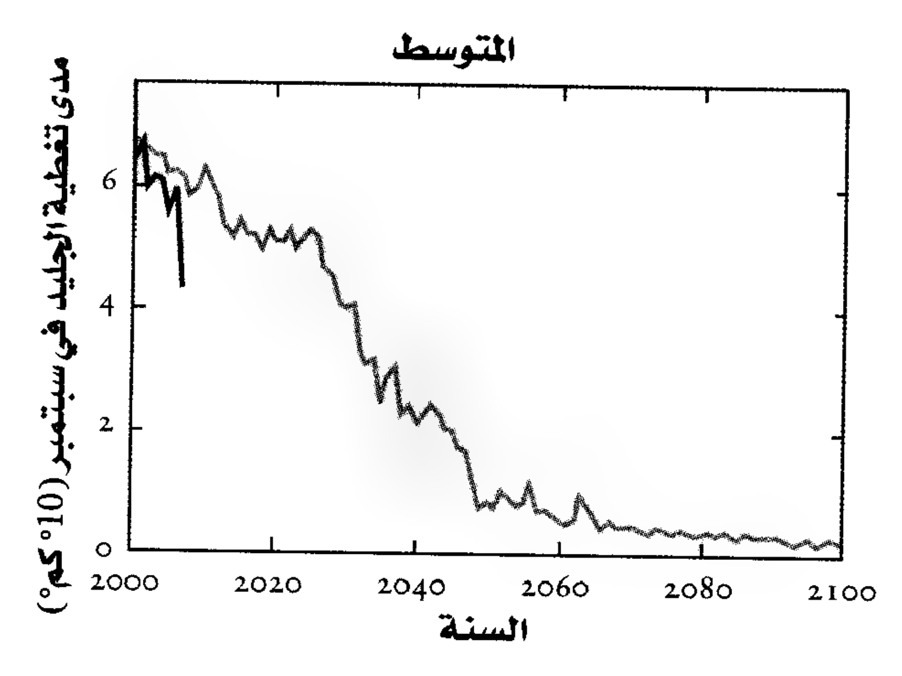
الشكل «2-1» اللوحة العليا: مقارنة بين متوسط درجة الحرارة العالمية الملاحظة (نقاط متصلة) مع تنبؤات النموذج (المنطقة الرمادية والخطوط المنقطة). اللوحة السفلى: مقارنة منسوب مستوى سطح البحر الملاحظ (نقاط متصلة) وتنبؤات النموذج (منطقة رمادية وخطوط منقطة). تغطّي اللوحتان السنوات من 1970 إلى 2007.

إن ارتفاع سطح البحر هو أفضل قياس متاح للحرارة الممتصة من الأرض لأنه يأتي من مصدرين رئيسيين فقط. ذوبان الجليد على اليابسة، وتوسع حجم المحيطات مع ارتفاع درجة الحرارة - وبكلمات أخرى، فإن مستوى سطح البحر مقياس يشير إلى الاحترار العالمي الحقيقي. انظر إلى الشكل «2-1» مرة أخرى، ولاحظ كيف يرتفع مستوى سطح البحر باستمرار، بينما يتأرجح متوسط درجة حرارة الأرض سنة بعد أخرى. لقد أخبرني شنايدر بأن قياسا مماثلا، ولكنه أكثر إيحاء محليا لكمية الحرارة الكلية الممتصة هو ارتفاع الغلاف الجوي. فمثل البحر يتمدد الهواء مع ارتفاع درجة حرارته.

ويأتي الدليل المناقض التالي من ملاحظات مساحة المحيط المتجمد الشمالي المغطاة في الصيف بالجليد الطافي. في العام 1980 والسنوات السابقة أظهرت المساحة المغطاة في نهاية سبتمبر (عندما يكون غطاء الجليد أقل ما يمكن بعد صيف من الذوبان) 10ملايين كم^2 من الجليد، وهي مساحة بحجم مساحة الولايات المتحدة تقريبا. وفي العام 2007 انحسرت إلى 4 ملايين كم^2. يقارن الشكل «2-2» مجال تنبؤات الـIPCC بالتناقص الملاحظ بالنسبة إلى الجليد الطافي. إن الفارق هائل ويقترح أنه إذا استمر الذوبان بهذا المعدل فإن القطب المتجمد الشمالي سيكون بلا جليد تقريبا في الصيف خلال خمس عشرة سنة. ويقترح تنبؤ الـ IPCC أن هذا غير محتمل قبل العام 2050.

لن يرفع ذوبان الجليد الطافي مستوى سطح البحر بشكل كبير، كما كان أرخميدس سيقول لو أنه سئل عن ذلك، ولكنه سيؤثر في كمية الحرارة التي تتلقاها الأرض من الشمس. إن الجليد الأبيض المغطى بالثلوج يعكس 80 في المائة من أشعة الشمس إلى الفضاء، بينما يعكس ماء البحر المعتم 20 في المائة فقط من أشعة الشمس التي تسقط عليه. وستكون الحرارة الزائدة للحوض القطبي إذا ذاب الجليد الطافي بكامله 80 واط لكل متر مربع، والذي إذا أخذ متوسطه لكامل الأرض يعني زيادة 1 واط لكل متر مربع، إن هذه زيادة خطيرة حقا في الحمل الحراري للأرض. ولوضعها في موضعها الصحيح فإن الحرارة الزائدة التي ستمتص عندما يذوب الجليد ستبلغ نحو 70 في المائة تقريبا من الحرارة التي يسببها التلوث من كل ثاني أكسيد الكربون الموجود الآن.

ويأتي الجزء الثالث من الدليل من مقال لجفري بولوفينا في «رسائل البحث الجيوفيزيائي»، نشرت العام 2008. لقد أعلن مع زملائه عن ملاحظات أخذت من القمر الصناعي لمناطق المحيطات على الأرض من الفضاء، والتي أظهرت انحسارا متتاليا في كميات الطحالب. ويعلق المؤلفون على ذلك بأن المنطقة القاحلة من المحيطات ازدادت بمعدل 15 في المائة خلال السنوات التسع السابقة، وأن هذا كان نتيجة الاحترار العالمي الذي جعل المياه السطحية أدفأ وأقل اختلاطا بالمياه الأغنى بالمغذيات في الأسفل. ويعمل النمو الطحلبي على تبريد الأرض بآليات عدة، بما في ذلك إزاحة ثنائي أكسيد الكربون من الهواء، ولذا فإن التدفئة تعطي تغذية راجعة إيجابية أخرى بالنسبة إلى الاحترار العالمي. وفي ورقة علمية نشرت في مجلة نيتشر (Nature) العام 1994 صنع العالم الأمريكي لي كامب وأنا نموذجا جيوفيزيائيا لهذه الظاهرة، وحذرنا من تغذيتها الإيجابية المحتملة على الاحترار العالمي. وعلى ما أعلم فإن هذه الظاهرة ليست متضمنة إلى الآن في نماذج علماء المناخ. ولكنها الآن حقيقة ملاحظة مؤكدة ونبوءة أخرى لنظرية غايا اجتازت الامتحان.



الشكل «2-2»: تنبؤات نموذج IPCC بمدى تغطية الجليد لمحيط القطب الشمالي في الصيف (منطقة رمادية بخط مستمر يمثل المتوسط في منتصفه) وغطاء الجليد الملاحظ (خط مستمر إلى يسار الشكل).

إذا كنا نفشل الآن في التنبؤ بما حدث مسبقا، فكيف يمكن لنا أن نثق بالتنبؤات لأربعين أو تسعين سنة من الآن؟ ومع ذلك يبدو أن العمل السياسي والمبادرات الحكومية لمحاربة التغير المناخي كلها تفترض أن الـIPCC تقدّم على الأقل تنبؤات بارعة وموثوقة.

وبالإضافة إلى الاختلافات بين النمذجة والملاحظة، تتنبأ نظرية غايا بمسار مختلف لعواقب التغير المناخي الناجم عن التلوث بغاز ثاني أكسيد الكربون. لقد اعترف بهذه النظرية، ولكنها لم تستخدم عمليا حتى الآن من قبل علماء المناخ، وعادة لأنهم غير مهيئين لها حتى الآن، وبطريقة ما فهم كطلاب الرياضيات الذين يدركون فائدة التكامل، لكنهم لم يدرّبوا حتى الآن؛ على استخدامه. ونتيجة لذلك فحتى عندما يقرّ علماء المناخ بحيوية الأرض فإنهم لايزالون يتصرفون كأنها كوكب ميت كالمريخ والزهرة، لأن مثل هذه الكواكب أسهل للنمذجة بكثير.

إن العلماء المحترفين هم عادة أخصائيون مدربون في اختصاص معين أو في مجموعة من الاختصاصات. ويقع علم المناخ بأكمله تقريبا ضمن مجال فيزياء الغلاف الجوي. ويبحر هؤلاء الفيزيائيون بنماذج مناخية ضخمة، تقبع ضمن حواسيب قوية كبيرة ومعقدة تشبه بطرق عدة السفن الحربية الحديدية في القرون الخالية. ولحسن الحظ فإن ربابنة السفن هم علماء مناخ شجعان، وقد برهنوا عن أنفسهم في أحد الأطراف الحادة للعلم: توقعات الطقس. وقليل هم العلماء الآخرون الذين تعرّض أخطاؤهم لمثل هذا التدقيق والتشريح من الجمهور كتوقعات الطقس. وتعلمون جميعكم أن من الصعب جدا اختراق مجموعة البرامج التي تشغل حاسباتكم الشخصية أو النقالة. إذن تصور فقط ما يجب أن يبدو عليه نموذج مناخي للتدوير العام يحتاج إلى حاسوب أقوى بألف مرة من الحاسوب على طاولتك.

من السهل أن تضيع في تعقيدات النماذج المناخية الضخمة كما لو كنت في سفينة حربية. ولسوء حظي فقد ضعت مرة في قاع سفينة حربية ضخمة، وأذكر بانزعاج الممرات غير المتناهية، والأبواب المانعة للماء، والسلالم الشاقولية التي كانت تصل بين المقصورات داخل السفينة. لقد

أصبحت هذه السـفن متاهات ثلاثية الأبعاد معقدة جدا بحيث يشـاع أن السـكان الحائرين أقاموا ضمنها مناطق لأنفسـهم لا يمـر بها أحد. إن أسـطول نماذج الـIPCC الـذي يقوده الأدميرال باشـوري يبحر في بحر غريب تماما. وكما هي الحال غالبا في الحروب، فإن سفنهم (وهي نماذج حرب المناخ) أصبحت قديمة، ولكنها ليست كاملة حتى الآن، ومازال بناؤها على متنها وبعضهم يتمتم «كان عليهم حقا أن يبنوا شـيئا مختلفا تماما»، ولكـن هنـاك القليل الذي يمكن لهم أو للأدميـرال أن يفعلوه. إن الغلاف الجوي، الذي على فيزيائييهم أن ينمذجوه، ليس هدية بسـيطة من تاريخ الأرض الجيولوجي، إنه بكامله عدا حوالي 1 في المائة من الغازات النبيلة أو النـادرة نتـاج الكائنات الحية على سـطحه. والأسـوأ بكثير فإن هذه الكائنات، ومن ضمنها البشـر، قادرة على أن تغير مدخلاتها ومخرجاتها مـن الغازات من دون أن تخبـر الأدميرال. ويمكن لحلفاء اليوم من كائنات التربة والمحيطات التي تسـاعد في تبريد المناخ أن تصبح أعداء الغد، وأن تضيف كمية أكبر من ثنائي أكسيد الكربون بدل أن تزيحه. وأكثر من ذلك فقد بقي الهواء، قبل أن نبدأ نحن البشر في تغييره، ثابتا ديناميكيا بتركيب ثابت، ودعم مناخا يقبل العيش ضمنه.

ظل علم الكواكب (Planetary Science) الأساسي، والذي هو بلا شك أسـاس علم المناخ المهني، في حالة من التغير والنزاع لنحو مائتي عام على الأقل. وأدرك العديد من الفلاسـفة الطبيعيين في القرن التاسـع عشـر وحتـى قبل ذلك، أن هناك علاقة بين الحيـاة والأرض المادية، ولكن حتى إيراسـموس داروين، وت. هـ. هكسـلي، وف. فيرنادسكي لم يمضوا أبعد مـن التخمين القصصي. ولم يحدث العلم الصحيح، والذي هو عملية بناء فرضيات قابلة للاختبار، في هذا الحقل حتى القرن العشرين، عندما قاد إدراك الصلة بين الحياة على سطح الأرض وفي المحيطات العلماء البارزين، ولكن غير المعترف بهم بما يكفي مثل ج. هـ. هتشنسون، وأ. س. ريدفيلد، ولارس سـيللين للبحث في الكيمياء الحيوية لسـطح الأرض والمحيطات. ومـن الطبيعي جدا أن يدعوا علمهـم بالكيمياء الحيوية الجيولوجية، وأن يؤسسـوه كعلم مسـتقل، وهو الآن ذو مكانة بارزة في العلم الأوروبي. ومن

المهـم أن نلحظ أن الكيمياء الحيوية الجيولوجية، شـأنها شـأن الكيمياء الحيوية في علم الطب ليست علم أنظمة. إنها ليست فيزيولوجيا الأرض، وسيكون القليل من علماء الكيمياء الحيوية الجيولوجية سعداء ليفكروا في الأرض على أنها حية بأي طريقة. وبالنسـبة إلى أولئك غير المعتادين على مزايا التسمية العلمية، فإن العلم الأخير في اسم مركب من ذاك النوع هو القائد عـادة، وبالتالي فإن الكيميائيين الحيويـين والكيميائيين الحيويين الجيولوجيين هم كيميائيون بالتدريب، يعملون على مادة الحياة ومنتجاتها، كما تجرى الفيزياء الحيوية من قبل فيزيائيين يعملون على مواضيع حية.

تعود أصول علم الجيوفيزيولوجي، وهو قاعدة نظرية غايا، إلى فرضية غايا في الستينيات. ترى الجيوفيزيولوجيا أن الكائنات الحية للأرض تتطور بالانتقاء الطبيعي الدارويني في بيئة ناتجة عن أسـلافها وليسـت ببساطة ناتجة عن التاريخ الجيولوجي للأرض. لذا فأكسجين الغلاف الجوي بأكمله تقريبـا ناتج عن كائنـات التمثيل اليخضـوري، ومن دونه لمـا كانت هناك حيوانات ولا فقاريات، ولما حرق الوقود، وأضيف ثاني أكسـيد الكربون إلى الهواء. إنني أجد من المدهش أن يستغرق علماء الأحياء هذا الوقت الطويل كله ليعترفوا ولكن بتردد أن الكائنات الحية تأقلمت ليس مع العالم السـاكن الذي وصف بشكل ملائم ولكنه خاطئ من قبل زملائهم الجيولوجيين، بل مع العالم الديناميكي المتطور الذي بنته الكائنات الحية نفسها.

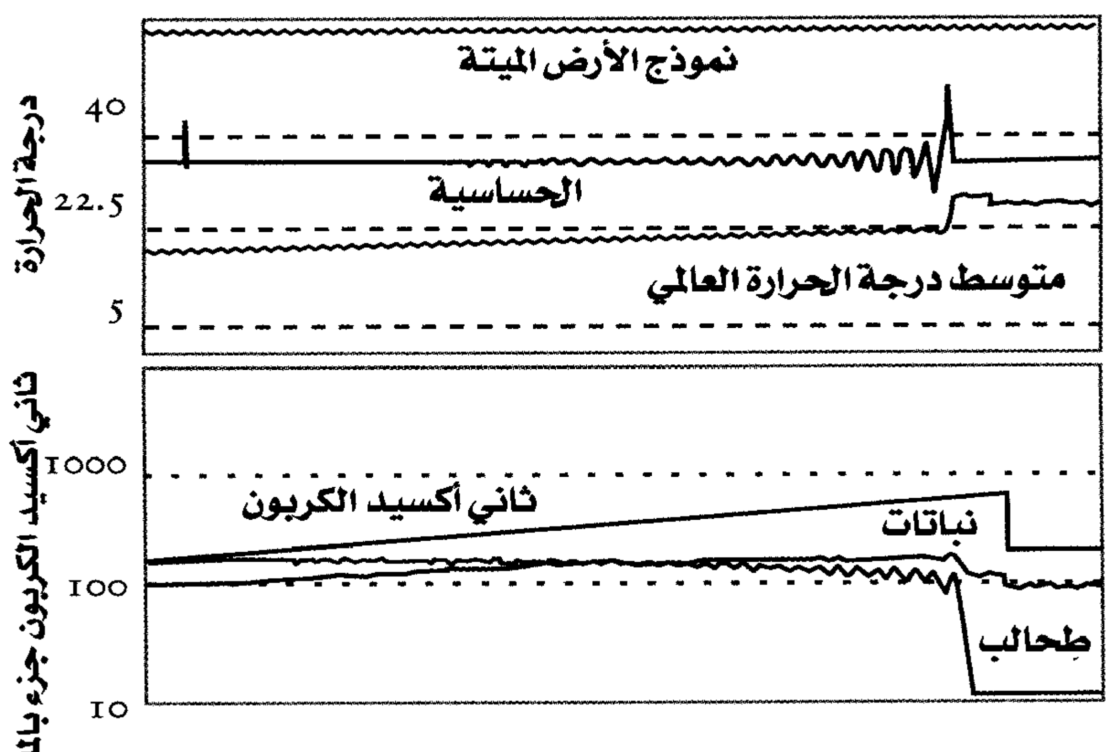
وبسـبب هذا الفصل البشـري جدا والملائم لمشـكلة مناخ الأرض إلى حقـول تخصصية منفصلة، فمن الصعب على أي عالم أن يراها كموضوع متكامل يشـمل الأرض كلها بما فيها البشر، والكائنات الحية والمحيطات، والغـلاف الجـوي، والصخور على سـطح الأرض. والأكثر مـن ذلك فإن الفصـل يمنعهم من رؤية الأرض كنظام ديناميكـي متفاعل، أو، كما أعبر عنه، كنظام حي بطريقة ما. ويفضل العلماء، كما ترى، أن يستمروا بالعمل الذي تدربوا على القيام به كأخصائيين - العمل كالمعتاد - بدلا من الرجوع والقيام بالمهمة شبه المستحيلة وهي تعلم فرعين رئيسين آخرين على الأقل مـن فروع العلم. ولن يكون الأمر سـيئا جدا لو كان هنـاك عدد أكبر من العاملين يقومون بالتفسير بينهم.

دعا عالم المناخ البارز جيمس هانســون، رئيس معهد غودارد لدراسات الفضاء، التابع لناسا، في نيويورك، لتخفيض إصدار ثاني أكسيد الكربون بمقدار أكبر بكثير من ذلك الــذي اقترحه الاتحاد الأوروبي أخيرا. صرح هانســون بأن الحد الأعلى من تركيز ثاني أكسيد الكربون وهو 550 جزءا بالمليــون (ج. ب. م) المقتــرح من أوروبا مرتفع جــدا، وأنه يجب أن يكون 350 ج. ب. م إذا أرادت البشــرية أن تحافــظ علــى كوكب مشــابه لذلك الــذي تطورت عليه الحضارة. لقد بنيت ملاحظاته القوية على ملاحظات حديثــة، وعلى تاريــخ مناخ الأرض، وعلى الرغم مــن أنه لا يعبر عن ذلك صراحــة، أعتقد أنه يدرك أن النمــاذج المبنية على فيزياء الغلاف الجوي غير قادرة وحدها على التنبؤ بالمناخ في المستقبل.

يؤكد نموذج بســيط (موضح في الشــكل 2-3) مبني على نظرية غايا رأي هانسون ويقترح تطورا مختلفا جدا عن ذاك الذي اقترحته الـ IPCC.

يوضح الشــكل تنبؤات تغير درجة الحرارة على نموذج بسيط لكوكب. يفترض النموذج كوكبا يدور حول الشــمس ويبعد بالمســافة نفســها التي تفصل بين الشمس والأرض ومأهول بنظامين بيئيين رئيسين – طحالب في المحيطات ونباتات على ســطح الأرض. يحدد تغير درجة الحرارة المرتبط بازدياد تركيز ثاني أكســيد الكربون في النموذج بالعلاقات التي تربط بين نمو النباتات والطحالب بدرجة الحرارة وبالعلاقات التي تربط بين وجودها مع ثاني أكسيد الكربون والغيوم في الغلاف الجوي. إن الجيوفيزياء إضافة إلى علم الأحياء مهمان بالدرجة نفســها في النموذج. وعلى الأخص تحدد فيزياء المحيطات بأن الماء الســطحي الدافئ منفصل عن الماء الأبرد تحته ويطفو فوقه عند درجات حرارة أكبر من 54° ف، وبالتالي يحرم الطحالب من المغذيات اللازمة لنموها. وعلى سطح الأرض عند درجات حرارة أعلى من حوالــي 75° ف، يتبخر ماء المطر بســرعة كافية ليترك الأرض جافة بــين العواصف المطرية. تحدد هاتان الخاصتــان الفيزيائيتان للماء درجة الحرارة العليــا لنمو النباتات والطحالب في بيئاتهــا المحلية. إن النموذج مزيــج من معادلات تفاضلية غيــر خطية جدا، ولكــن التغذيات الراجعة القوية الموجبة والسالبة التي تربط الغلاف الحيوي بتركيب الغلاف الجوي

والمنـــاخ تحدد تطور النموذج وتتجنب بالكامــل الانتقال إلى الفوضى على الرغــم من أنه نموذج ديناميكي وليس نموذجا توازنيا. وفي هذا الســـياق فإن الشـــيء الديناميكي هو حي، بينما الشـــيء في حالة توازن ميت، مثل الفرق بين شـــخص حي وتمثال حجري. يمكـــن لكليهما أن يقفا منتصبين، لكن الشخص الحي يفعل ذلك بحيوية وسينهار لو كان ميتا.



الشكل «2-3»: تغير المناخ على الكوكب النموذج الموصوف في النص مـع ازديـاد تركيـز ثاني أكسـيد الكربون فـي غلافه الجـوي. توضح اللوحة السـفلية التغيرات في طحالب المحيط وفي مساحة الأرض النباتيـة وتوفـر ثاني أكسـيد الكربـون. وتظهر اللوحـة العليا تغير درجـة حـرارة العالميـة بالدرجة المئوية وحساسـية النمـوذج (معدل زيادة درجة الحرارة مع زيادة ثاني أكسيد الكربون).

على الرغم من بســاطته الشديدة، يستخدم هذا النوع من النماذج من قبل علماء المناخ لتشخيص تصرف نماذج مناخية أكبر، لكن النموذج المبين غير عادي بسبب شدة العلاقة بين الكوكب والمناخ.

أجريت تجربة على نموذج الكوكب لأرى ما الذي سيحدث إذا أضيف ثاني أكسيد الكربون كما نفعل الآن بالنسبة إلى الأرض. لقد وجدت أنه مع إضافة ثاني أكسيد الكربون تتغير درجة الحرارة قليلا في البداية، ويعود هذا إلى أن النظام كان في حالة تغذية سالبة وقاوم الاضطراب، ولكن لا يكاد يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى 400 ج. ب. م في الهواء، حتى تظهر دلائل عدم الاستقرار المبينة بتضخيم التذبذبات الصغيرة في درجات الحرارة. ومن المهم إدراك أن النظم الديناميكية التي تعدّل نفسها ذاتيا مثلك، ومثل الأرض، أو مثلي، إذا ضغط عليها بما يكفي، تتحول من تغذية راجعة سالبة مستقرة إلى تغذية راجعة إيجابية غير مستقرة. وعندما يحدث هذا فإنها تصبح مضخمات للتغير. وكمضخمات فإنها لا تميز بين التسخين والتبريد بحيث إن تناقصا بسيطا في التسخين سيكون له تأثير أكبر من المتوقع، ويمكن أن يسبب انخفاضا ملحوظا في درجة الحرارة. ثم فجأة، بين 400 و500 ح. ب. م من ثنائي أكسيد الكربون فإن ازديادا بسيطا في درجة الحرارة أو تركيز ثاني أكسيد الكربون سيسبب ارتفاعا مفاجئا بمقدار تسع درجات في درجة الحرارة. وبعد هذا يستقر نموذج الكوكب مرة أخرى، ويقاوم تغيرا أكثر في ثاني أكسيد الكربون. ويبلغ تركيز غازات الدفيئة في الأرض الآن أعلى من 400 ج. ب. م (ثاني أكسيد الكربون نحو 390 ج. ب. م، لكن الميثان وأكسيد النتروز والـCFC ترفع التأثير الكلي إلى نحو 430 ج. ب. م من ثنائي أكسيد الكربون).

تشمل التجربة أيضا الإزاحة المفاجئة لثاني أكسيد الكربون المضاف جميعه مباشرة بعد الوصول إلى الحالة الحارة. وعلى الرغم من هبوط تركيز ثاني اكسيد الكربون إلى 280 ج. ب. م بقي الكوكب النموذج في حالته الحارة. وإذا شابه هذا النموذج الأرض الحقيقية، فإنه يقترح أن التثبيت ممكن بشروط غايا فقط عند خمس درجات أحر من الآن، أو عند المناخ المستقر الثابت منذ نحو مائتي عام في العصر قبل الصناعي، أو الدرجات السبع أبرد للعصر الجليدي.

وتثير تجربة النموذج هذه أيضا السؤال حول صحة الثابت الذي يدعى بالحساسية والمستخدم في نماذج المناخ الكبيرة كلها تقريبا كتلك المستخدمة من قبل الـ IPCC ويعرف هذا الثابت بأنه ارتفاع درجة الحرارة

عندما يتضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون في هواء النموذج. وتسمح الرياضيات للحساسية بأن تكون ثابتة إذا كانت علاقات النموذج خطية، ويوحي المصطلح المعقد «غير خطي» بأن مواصفات مثل درجة الحرارة لا تتناسب مباشرة مع المتحولات الأخرى مثل ثاني أكسيد الكربون، ولكنها ترتبط بطريقة تتغير فيها مع التغير. وفي عالم الواقع وفي النموذج البسيط كما في الشكل «2-3» فإن العلاقات بين المناخ والنمو غير خطية عادة. وهذه اللاخطية مسؤولة عن الانتقال من التغذية الراجعة السلبية إلى التغذية الراجعة الإيجابية عند النقطة الحرجة لقفزة في درجة الحرارة، وعند هذه النقطة فإن الحساسية، كما يوضح الشكل لا تبقى ثابتة ولكنها تتذبذب. إنها ثابتة عند توازن الحالة الثابتة الديناميكي فقط أو عند توازن اصطناعي لنموذج خطي.

انظر بتمعن إلى اللوحة أعلاه في الشكل «2-3» ولاحظ كيف أن الحساسية تنخفض إلى الحد الأدنى قبل أن تقوم درجة الحرارة بقفزتها إلى الحالة الحارة المستقرة. ويلاحظ التأثير نفسه على الرغم من أنه أقل وضوحا بالنسبة إلى درجة الحرارة. ولو مثلت فعلا استجابة الأرض لازدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون، فإن هذا مخيف لأنه يوحي بأن المناخ قبل القفزة الأخيرة إلى عالم قاحل، سيصبح أبرد لفترة قصيرة مرة أخرى. ويحذّرنا هذا من أن صيفا باردا، أو حتى مجموعة منها، ليست دليلا على أن الاحترار العالمي قد انتهى.

تلك هي بعض الأسباب التي تجعلني أشك في حكمة تطبيق مبدأ التوافق للـ IPCC للسياسات البعيدة جدا في المستقبل. وإضافة إلى هذه الأسباب التي تدعو إلى الشك، والمؤسسة كلها على دلائل مباشرة من الأرض، أريد أن أركّز بقوة على مسألة أخرى مهمة في نمذجة المناخ والتنبؤ به. ما تأثير الغيوم والمعلقات في الهواء على المناخ؟

معظمكم ممن يقرأ هذا الكتاب جلس في مقعد قريب من النافذة في طائرة، ونظر إلى الأرض تحته في الأسفل. وفي يوم صاف عندما تتطلع من سطح الأرض للأعلى فإنك غالبا ما ترى سماء زرقاء صافية من دون غيوم، ولكن إذا نظرت إلى الأسفل مباشرة بعد الإقلاع فسترى سديما

أبيــض يخفي قليلا الأرض تحته. هذه هي المعلقات الجوية المنتشــرة جدا والتي تعكس أشعة الشمس نحو الفضاء، وتجعل الاحترار العالمي أقل شدة مما يمكن أن يكون عليه. ويأتي هذا السديم على الغالب من التلوث الناجم عن الســيارات، والصناعة، والزراعة، ولكن بعضه يأتي من الطحالب في المحيطــات، وعلى المحيطات الكبيرة لنصــف الكرة الجنوبي فإن المنتجات الغازيــة من الأحيــاء في المحيطــات والغبار المنطلق مــن الصحارى هما المصدر الرئيس للســديم. وتعكس الغيوم في الهواء عندما تكون قريبة من ســطح الأرض أشعة الشــمس كما تفعل المعلقات، ولكن الغيوم في الأعلى كالســحاب الرقيق الذي يشــير إلى اقتراب منخفض جوي، أو الســحابة المتخلفة عن طائــرة نفاثة يضيفان إلى الاحترار العالمي. وفي النهاية يؤثر كل من الســديم والغيوم في الآخر. فالســديم في هواء رطب يتحول إلى غيوم، كما أن بريق الغيوم يزداد بســبب دقائق الســديم، كما يمكن للغيوم أيضا أن تسرّع من إزاحة السديم من الهواء.

في العام 2004 أثار عالمان مســاهمان فــي الـIPCC هما بيتر كوكس ومواينرات أندريا الســؤال: ما الذي ســيحدث للاحترار العالمي إذا اختفى هذا السديم الناجم عن التلوث فجأة؟ لقد حذّرت ورقتهم العلمية المنشورة في مجلة نيتشــر من أنه لو اختفى السديم فسيزداد الاحترار العالمي شدة وستكون النتيجة حدوث تغيير خطير.

وفي العام 2008 فحص فريق يترأســه بيتر ســكوت من مركز هادلي (جــزء من مكتــب الأرصاد الجوية) هذه الظاهرة فــي ورقة علمية دقيقة ومكتوبة بشــكل جيد في مجلة «تيليس»: لقد أظهروا أن «التعتيم العالمي» عمليــة جيوفيزيائية صرفة ومعقدة. ووفقا لحســاباتهم قد تؤدي الإزاحة المفاجئة للســديم إلى زيادة شــديدة أو متوسطة في الاحترار العالمي. لقد بــدأت أدرك الآن لمــاذا يكره صديقي الحكيم روبرت تشارلســون أن يلزم نفســه بالمعلقات الملوثة والتغير المناخي. وعلى الرغم من ذلك، فهناك شك ضئيــل لــدى علماء المناخ البارزين كلهم بأن الســديم الناجــم عن التلوث الحالي يقلــل من الاحترار العالمي، أو أن إزاحتــه المفاجئة يمكن أن تكون لها عواقب خطيرة.

أشك في أننا نقلق أقل حول الاحترار العالمي من قلقنا حول انهيار اقتصادي عالمي، وننسى أنه بإمكاننا أن نجعل الأمرين يحدثان معا لو نفذّنا تخفيضا فوريا عالميا بمقدار 60 في المائة من الإصدارات. وسيؤدي هذا إلى انخفاض سريع في استهلاك الوقود الأحفوري، وستسقط معظم الدقائق التي تشكل المعلقات الجوية (aerosol) خلال أسابيع من الهواء. وسيبسّط هذا التنبؤ كثيرا، ويمكننا أن نكون في النهاية متأكدين من أن درجة الحرارة العالمية سترتفع، وأن إزاحة معلقات التلوث ستترك في نهاية المطاف غازات الدفيئة حرة في أن تدمّر ما بقي من الأرض المريحة بين العصرين الجليديين. نعم، لو نفّذنا التوصيات التي اقترحت في بالي بكاملها خلال عام، فإن المناخ بدلا من تثبيته سيكون أحر بدل أن يكون أبرد. وهذا هو السبب الذي جعلني أذكر في كتابي السابق انتقام غايا من أننا «نعيش في مناخ مغفل، وأننا هالكون مهما فعلنا».

وكما لو كان هذا غير كاف، فقد نبّه العالم الأمريكي البروفسور ف. راماناثان أخيرا إلى الانبعاث الضخم من الدخان والمعلقات الأخرى من الصناعات المتنامية بسرعة في آسيا. فغيمة الدخان من الصين تمتد الآن عبر المحيط الهادئ إلى أمريكا الشمالية، ولغياب الشمس في كاليفورنيا غلالة وردية نتيجة تبعثر ضوء مشابه من السديم الستراتوغرافي من بركان بيناتوبو الذي انفجر العام 1991، ويحدث تبعثر الضوء نفسه فوق المحيط الهندي مع توسع الهند في صناعاتها.

هذه معلقات إضافية جديدة إلى الغلاف الجوي : فقد انتقلت غيوم الدخان من أمريكا الشمالية وأوروبا مسافات مماثلة لعقود عدة عبر المحيط الأطلسي وإلى آسيا. وإضافة إلى هذا فإن الطبخة العالمية من الصناعة والدخان من الغابات المحروقة في أفريقيا وجنوب أمريكا ومن الحرائق البرية في الغابات الشمالية لكندا وسيبيريا تضيف كلها موادها إلى خليط الطبخة الساحرة التي أصبحت عليها حال الغلاف الجوي.

نبّهنا راماناثان إلى حقيقة أن سحب التلوث الجديدة هذه أعتم بكثير من سابقاتها التي صدرت من الولايات المتحدة وأوروبا. فهي تحتوي على السخام الذي يمتص أشعة الشمس بينما تعكس المعلقات الأفتح أشعة الشمس بشكل

رئيس. إن هذا يجعل تقدير تأثيرها في المناخ أكثر صعوبة. وتقع العلاقة بين المعلقــات والمناخ في فيزياء الجو على حدود الفهم، وهي حتما أكثر تشوشــا بالتغذية الراجعة من أجزاء أخرى من النظام. فالغيوم في الهواء تتأثر بالحياة على السطح: تحرّض الدقائق في الهواء الناجمة عن البكتريا قطرات الماء في الغيــوم على التجمد عند درجة حرارة عالية تبلغ 36° ف؛ وإلا يمكن لقطرات المــاء المبردة جدا أن تبرد حتــى40° ف قبل أن تتجمد. وعندما تتجمد، ترفع الحرارة المطلقة الغيوم وتجلب المطــر والرعد. وبطرق عديدة مختلفة أخرى تؤثــر الكائنات الحية على المناخ كمــا أنها تتأثر به: تنضح كميات ضخمة من بخار الماء من الغابات (النضح عملية فسيولوجية نشطة يضخ الماء بواسطتها من الأرض إلــى أوراق النبات) وتصنع الطحالب في المحيطات غازات تصبح نــواة لقطرات الغيوم. كل ما لدينا الآن هو عــدد غير مؤكد مرتبط بالأجزاء العديــدة المنفصلة من النظام، وتوجيه من نظرية غايا: إننا نشــبه طبيبا من القرن التاسع عشر يحاول أن يقدم تشخيصا مفهوما لمريض بالسكري. يمكننا فقط أن نقدم تعميمات غامضة حول المســتقبل، ولولا تأثير الاحترار الكبير الذي لا شــك فيه لغازي ثاني أكســيد الكربون والميثان والغازات الأخرى لكنا فــي المجهول. إن الوصف الرائع لفهمنا لهذا العلم المعقد حتى الآن هو فصل في كتاب روبرت تشارلســون «علــم نظام الأرض» الذي نشــر العام 2001. وبالنســبة إلي فإن الرســالة من البحث العلمي في المعلقــات والغيوم هي أن الاحترار العالمي الذي حصل مســبقا سيكون أكثر شدة لولاها، ولذا علينا أن نؤمن التمويل لمراقبتها والبحث فيها.

يعتقد علماء المناخ أحيانا أنه من الممكن حساب درجة حرارة أوراق غطاء غابة ببساطة من معرفة نسبة أشعة الشمس التي تنعكس من الغابة. إننا ننسى أن الشــجر كائنات حية ويمكنها أن تنظم درجة حرارة أوراقها فســيولوجيا. ووفقا لورقة لإيان وودورد نشــرت أخيرا في «نيتشر» فإن درجة حرارة أوراق الشــجر في اشعة الشــمس تنظم ذاتيا عند درجة حرارة قريبة من 70° ف؛ ويبدو أن درجة الحرارة هذه مثالية لعملية البناء الضوئي، وهي مســتقلة عن الموقع الجغرافي للشــجرة ســواء كانت في القطب الشــمالي أو في المناطق الاســتوائية. تنظم درجة حرارة أوراق الشجر بعملية النضح. لقد لاحظت في

صيف إنجلترا في الجنوب أن أوراق شجرة الصنوبر الغامقة تحافظ على درجة حرارة سطحية أبرد بأكثر من 72 درجة من سطح خامل للون نفسه. وبمقياس غابة بحجم غابة الأمازون أو الغابات الشمالية في سيبيريا، فإن لهذا تأثيرا ضخما على المناخ المحلي. قاد ريتشارد بيتس وزملاؤه في مركز هادلي البحث في درجة حرارة أوراق الشجر وتأثيراتها على المناخ وعلى دورة الكربون أيضا. ومع بقاء الأوراق قريبة من درجة الحرارة المثالية لها فيزيولوجيا فإن حرارة أشعة الشمس المشعة الممتصة تتحول بشكل رئيس إلى الحرارة الكامنة للتبخير. ويحتاج الأمر إلى نحو 600 حريرة لتبخير غرام من الماء، ويدعو علماء الأرصاد الجوية الدفء المخزّن بهذه الطريقة «الحرارة غير المحسوسة». وما يبدو أن بعض فيزيائيي الجو غير مدركين له هو العلاقة بين المناخ وفسيولوجية النظام البيئي للغابة. وعندما تتضمن التغذيات الراجعة (Feed backs) القوية الموجودة في هذه العلاقة، وعلى الأخص الطريقة التي تذوب بها غابة ضخمة مثل قطعة من الجليد القطبي الطافي، فإنها تؤثر في المناخ المحلي والعالمي أيضا. وقد تقود التغذيات الراجعة على المستوى الإقليمي الضخم إلى تنقيط من النوع الموضح في الشكل «2-3».

يتعلق مثال آخر للطريقة التي لا تمثل فيها النماذج العالم الواقعي ببخار الماء في الهواء. ففي الصباح البارد عند الفجر غالبا ما نرى الندى قطرات ناعمة من الماء تطفو مثل غيوم أرضية في مناطق منخفضة. إن الهواء في مناطق الندى مشبع بالماء تقريبا برطوبة نسبية تعادل 100 في المائة. ومع شروق الشمس وتسخينها للهواء، يتلاشى الندى وبحلول منتصف النهار المبكر وتحت سماء صافية تنخفض الرطوبة النسبية من 30 إلى 40 في المائة. وبالنسبة إلى نماذج المناخ الضخمة فإنها تفترض الحفاظ على الرطوبة النسبية، وإلا فإنها تصبح غير مستقرة. ولكن يمكن للرطوبة النسبية في العالم الواقعي أن تكون عاملا مهما حقا في المناخ. ويتغير حجم دقائق المعلقات مباشرة وبسرعة مع التغير في الرطوبة النسبية، وكذلك عكسها لأشعة الشمس وبالتالي كمية الحرارة التي تصل إلى الأرض.

إن متوسط درجة حرارة سطح الأرض بكاملها محدد جيدا: فناتج الشمس من الحرارة ثابت بشكل ملحوظ على مدى مائة سنة، ولا يتغير أكثر من 0.2

في المائة، والذي يعــادل تغيرا مقداره نصف درجة حرارة. وحاليا، مع نهاية منخفض شمســي طويل، لا بد أن تكون حرارة الشــمس قرب حدها الأدنى. ولن يتغير محور دوران الأرض وميله على مســتوى النظام الشمسي إلا قليلا فــي المائة عام القادمة. ولكن كما نعلم الآن، يمكن لتغير بســيط في تركيب الهــواء أو طبيعة ســطح الأرض أن تكون لهما تأثيــرات كبيرة. ولو أصبحت الأرض كرة ثلجية بيضاء عاكسة فستكون درجة حرارة سطحها 11° ف، وهي باردة جدا وفق درجة الحرارة الآن؛ ولكن درجة الحرارة هذه وجدت لفترات طويلــة في الماضي، حيث كانت درجة حرارة المنطقتين القطبيتن اســتوائية. ومنذ أربعة عشــر ألف ســنة مضــت فقط كنا نعيش فــي العصر الجليدي حيــث امتــدت المناطق الجليدية في بعض الأوقــات جنوبا حتى جبال الألب في أوروبا، وإلى ما يعرف الآن بسانت لويس في أمريكا الشمالية. ويبدو أن بإمكان الأرض أن توجد لفترات طويلة ضمن مجال واســع من حالات المناخ المختلفة. إن حالات البرد والحر المستقرة حقائق مؤكدة من التاريخ، ويمكننا أن نفســرها بدرجة عالية من الثقة. وما لا نعلمه كثيرا هو تفاصيل الانتقال من عصر جليدي مثلا إلى عصر ما بين جليديتين كعصرنا الحالي. ويبدو أن هذا الانتقال بدأ عن طريق زيادة بســيطة في الحرارة الممتصة من الشمس، ناجمــة عن تغير بســيط في ميــل الأرض ومحورها، ولكــن لا بد أنه حدث تضخم كبير من خلال التغذية الراجعة لجعل هذا الانتقال يتم بســرعة. إن التشــابه بين التغيرات المفاجئة آنذاك ومــا نفعله الآن هو الذي يجعل التنبؤ الحالي ضعيفا جدا.

إن لنماذج المناخ المبنية على فيزياء الغلاف الجوي مبدؤها الغريب الخاص بها: فكلها تقريبا تتنبأ بزيادة ناعمة ومســتمرة فــي درجة الحرارة مع زيادة تركيــز ثاني أكســيد الكربون. ويبــدو أنها تفترض أنه لا شــيء في الأعوام الثلاثين القادمة سيغير مســار الاحترار العالمي، لأن تغييراتنا لسطح الأرض وانبعاثاتنا فرضت زيادة درجة حرارة النظام بأربع درجات مئوية تقريبا، ولأن زمن اســتجابته بطيء. وهذا هو أساس توصية الـIPCC بتخفيض الانبعاثات بنحــو 60 في المائة بحلول العام 2050 لتجنــب تغير مناخــي «خطــير». إن الـIPCC محقة في اعتقادها بأنه يلزمنا آلاف الســنين لتصحيح الأذى الذي

سببناه، وأنه وفق شروطنا فلن تكون هناك عودة للوراء. وهي محقة أيضا حول انبعاثات ثاني أكسيد الكربون: فزمن استجابة الأرض للتغير في ثاني أكسيد الكربون يبلغ مائة عام. ولكن من الخطأ الاعتقاد أن لا شيء يمكن أن يحدث بسرعة في مجال التغير المناخي. إذ يمكن للمعلقات في الغلاف الجوي، وعكس الأشعة من الجليد والثلج، واستجابة النظام البيئي، وبالطبع استجابة الإنسان، أن تسبب تغيرا مناخيا محسوسا خلال أشهر فقط. ولو تداخلت هذه التغذيات الراجعة الإيجابية والسلبية العديدة التي يبدو أنها مستقلة بشكل متجانس، فسيبرد نظام الأرض بكامله أو سيسخن بسرعة بنحو ست درجات مئوية. أجد من الغريب، مقارنة بمدى جهلنا، أن يكون العلماء مستعدين لوضع أسمائهم على تنبؤات مناخية حتى خمسين سنة من الآن، وأن تصبح هذه أساس سياستهم. وبالتأكيد فهي ليست تنبؤات، بل مجرد تخمينات لتخفيف الخوف من الغيوم الداكنة التي تلوح في أفق المناخ.

ليس تخمينا تحدي الرأي الذي يقول إنه لا شيء يمكن أن يحدث في السنوات الثلاثين المقبلة من شأنه أن يغير مسار التغير المناخي. لقد أجرت الأرض بطريقة ما التجربة لنا، لأنه عندما انفجر بركان بيناتوبو العام 1991 حقنت معلقات في الغلاف الجوي العلوي بما يكفي ليبرد المناخ بشكل ملحوظ في السنوات الثلاث التي أعقبت الانفجار. وسيكون من الخطأ تماما تصور أن بإمكاننا تعديل نماذج السفن الحربية الضخمة تلك وتطويرها، بحيث تقدم نظرة صحيحة وواضحة للمناخ في المستقبل. وحتى لو استطعنا ذلك فإن الانفجارات البركانية الكبيرة مازالت غير قابلة للتنبؤ، ويمكن لها أن تعطل التنبؤ بحقن سحابة واسعة من الدقائق المبردة في غلاف الجو العلوي. ويمكننا كذلك باستخدام الهندسة الجيولوجية تحقيق النتائج التي تقدمها هذه البراكين بطريقة أكثر خضوعا للتحكم. وهناك عدد من الحوادث الطبيعية الأخرى، علما أنها أقل احتمالا، مثل تأثير ارتطام جسم بقطر أكبر من واحد كيلومتر ساقط من السماء بالأرض، أو تكرار للإشعاع الشمسي الأدنى عندما يتناقص الإشعاع الشمسي بمقدار جزء بالمائة لمدة مائة عام، أو حدوث كوارث بشرية مثل انتشار وباء أو حدوث كارثة تقنية من النوع الذي تنبأ به اللورد ريس في

كتابه «**قرننا الأخير**» وغيرها من الحوادث المجهولة التي قد تؤثر في المناخ وتجعل التنبؤ بالمستقبل البعيد أمرا صعبا للغاية.

إضافة إلى عدم التأكيدات هذه جميعها يضطر متنبئو المناخ إلى نمذجة فيزياء الغلاف الجوي، في حين أن عليهم أن ينمذجوا الأرض غايا، أو على الأقل النظام الأرضي بكامله، الذي يشكل المناخ خاصة واحدة منه. ويتصور مديرو العلم غالبا أن فريقا مؤلفا من علماء أحياء وكيميائيين وفيزيائيي مناخ من الطراز الأول يعملون معا، كما في الـ IPCC سيحلّون مشكلة المناخ. وعمليا فقد لا ينجح هذا أكثر من نجاح البحث عن سبب حمى التيفوئيد وعلاجها في العصر الفيكتوري بتحليل تذبذب درجة حرارة الجسم للمرضى ثم الطلب من فريق من البيولوجيين والكيميائيين والفيزيائيين أن يجدوا الجواب.

عند هذه النقطة أشعر بالحاجة إلى ملاحظة أكثر شمولية حول التغير المناخي. لو فكرنا في الاضطرابات المحتملة الأخرى كلها لأرضنا التي تنظم نفسها ذاتيا، نرى أن وجود 7 مليارات من البشر يهدفون إلى العيش برخاء العالم الأول نفسه كثير جدا. إنه بوضوح لا يتلاءم مع الاستقرار الداخلي للمناخ، ولكنه لا يتلاءم أيضا مع كيمياء النظام واقتصاديته وتنوعه الحيوي. إن عدم الاستقرار في أي من الخصائص الأخرى هذه للأرض هو بخطورة التغير المناخي ويتفاعل معه. إن تحميض المحيطات بمقادير زائدة من ثاني أكسيد الكربون هو مثال فريد على الأخطار المعقدة الناجمة عن وجود أعداد زائدة من البشر.

بافتراض أن المناخ هو أساسا خاصة فيزيائية لبيئة سطح الكرة الأرضية فإننا نهمل الاعتبار المهم للكائنات الحية، بمن فيهم البشر والأصناف التي تعتمد عليهم من محاصيل وحيوانات، كجزء مكمّل للنظام المناخي ومتفاعل معه. وهذا هو الخطأ الأساس في معظم نماذج المناخ الحاسوبية. وهو خطأ يمكن فهمه لأن جيوفيزياء المناخ وحدها خارج قدراتنا الحالية، ولذا يبدو من العبث إدخال الغلاف الحيوي الأكثر تعقيدا بالاعتبار. وبالطبع يعتقد العلم أنه اختزل المشكلة بتقسيمها إلى أجزاء، ومن المفترض أن هذا هو سبب وجود لجنة تقويم النظام البيئي الألفية البيولوجية مستقلة عن الـ IPCC.

سأكون مخطئا لو اقترحت أن منظّمي نماذج المناخ يجهلون أهمية مساهمة الحياة على الأرض في التغير المناخي. فمنمذجو المناخ في مركز هادلي في جامعة إيست إنجليا في المملكة المتحدة، وفي المركز الوطني لبحوث الغلاف الجوي، والمختبرات الأخرى في الولايات المتحدة، وفي بوستدام في ألمانيا صمموا أو يقومون بتصميم نماذج مناخية ديناميكية شاملة تتضمن الكائنات الحية. إنني على علم بالمساهمات الضخمة لبيتر كوكس، وكريس جونز، وريتشارد بيتس من مركز هادلي، وتيم لنتون، وأندرو واطسون، وبيتر ليس من جامعة إيست إنجليا، وجون شيلنوبر، وفيرنر فون بلوه، وستيفان راهمستورف من معهد بوستدام لبحوث تأثير المناخ. ولكنني أعتقد أن جميعهم يتفقون على أن عملهم أبعد كثيرا من أن يكون كاملا. وهناك علماء مناخ مثل آن هندرسون سيللرز، وكندال ماكوفي، وروبرت ديكينسون عملوا من دون كلل، وبمواجهة معارضة شديدة على مد كفاءة نمذجة المناخ عن طريق إدراكهم الحاجة إلى إدخال الكائنات الحية فيها بدور ديناميكي. وبالنسبة إلى أولئك المهتمين بمادة بحوث المناخ الغامضة فإن كتاب «**مقدمة عن النمذجة المناخية**» لماكفي وهندرسون سيللر مفيد جدا.

لم نتعلم من التاريخ. فقبل أن نهتم بالتغير المناخي كان العلماء والحكومات قلقين جدا حول استنزاف طبقة الأوزون بمركبات الكلور فلوروكربون CFC. وخلال تلك الأزمة كان هناك قبول كلي تقريبا بتنبؤات النماذج. كان العلماء مقتنعين جدا بصحة نماذجهم بحيث إنهم رفضوا ملاحظات الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض والتي لاحظت الثقب في طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي. لقد تطلب الأمر أن يقوم ملاحظون من البشر مثل جوزف فاتمان، وبريان خاردينر وجوناثان شانكلين من هيئة المسح القطبي البريطاني بإقناع العلماء أن هناك فعلا استنزافا ضخما لطبقة الأوزون وأن النماذج كانت خاطئة. (كانوا في ذلك الوقت في القطب الجنوبي يتفحصون طبقة الأوزون بمطياف دوبسون). ويستمر الاعتماد على النماذج، وكما وصفت سابقا في هذا الفصل، لم يتم التنبؤ بحدوث الثقب الواسع الذي ظهر في الجليد الطافي العام 2007 في المحيط القطبي الشمالي عندما حدث. ووفق تنبؤات النموذج لم يكن الذوبان متوقعا قبل العام 2050. إن الأرض الفعلية

إن السؤال الأهم في التغير المناخي هو: ما مقدار الاحترار العالمي وما سرعته؟ وأكرر أن هناك مؤشرا موثوقا على التوازن الحراري للأرض، وهو مستوى سطح البحر. إن ارتفاعه مؤشر عام وموثوق يخترق الخلاف حول ما إذا كان بعض الجليد ينصهر وبعضه الآخر يتعاظم، وفيما إذا كانت هطولات الثلج الإضافية ستعوض المياه الجليدية المنصهرة. يرتفع سطح البحر لسببين فقط: انصهار الجليد على الأرض وتمدد مياه المحيطات مع ارتفاع درجة الحرارة. ويشبه هذا تمدد السائل في ميزان الحرارة: مع ارتفاع درجة حرارة الأرض، يرتفع سطح البحر. ومن الصحيح أن المستوى قد يزداد فجأة لو انزلقت قطعة جليدية هائلة من غرينلاند أو من قارة القطب الجنوبي إلى البحر، ولكن من غير المحتمل أن يحدث شيء كهذا من دون أن يلحظ ومن السهل إهمال تأثيره.

أشعر بأن بداية العلم أتت من الصراع بين أولئك الذي يتمسكون بالنظرية، والآخرين الذين يذهبون إلى الأرض ليراقبوا ويقيسوا. إن الذين يراقبون ويقيسون هم سندريلات العلم كما كانوا دوما. فلم يجل داروين بالأرض ليبرهن عن نظرية. لقد كان ملاحظا فائقا وعالم أحياء: لقد طورت النظرية فيما بعد، وبعضها بعد أن توفي. إن المحيطات هي بالفعل مجهول مائي (aqua incognita) وهي مهمة جدا للمناخ لأنها تخزّن معظم الحرارة الزائدة الناجمة عن الاحترار العالمي. ومن الصحيح بناء نظريات حول المحيطات، حتى لو كنا نعلم القليل جدا عنها، ولكن من الخطأ استخدام هذه النظريات لتقرير السياسات. يجب أولا اختبار هذه النظريات بالملاحظات والقياسات على المدى الطويل، وهذا كما أعتقد يجب أن يكون أولويتنا الأولى.



3

العواقب والبقاء

«لا أعتقد أن البشر كنوع أذكياء بما يكفي لمعالجة الأزمة البيئية القادمة، وأخشى أنهم سينفقون جهودهم في محاولة الحد من الاحترار العالمي، بدلا من محاولة التأقلم والبقاء في عالم حار جديد»

المؤلف

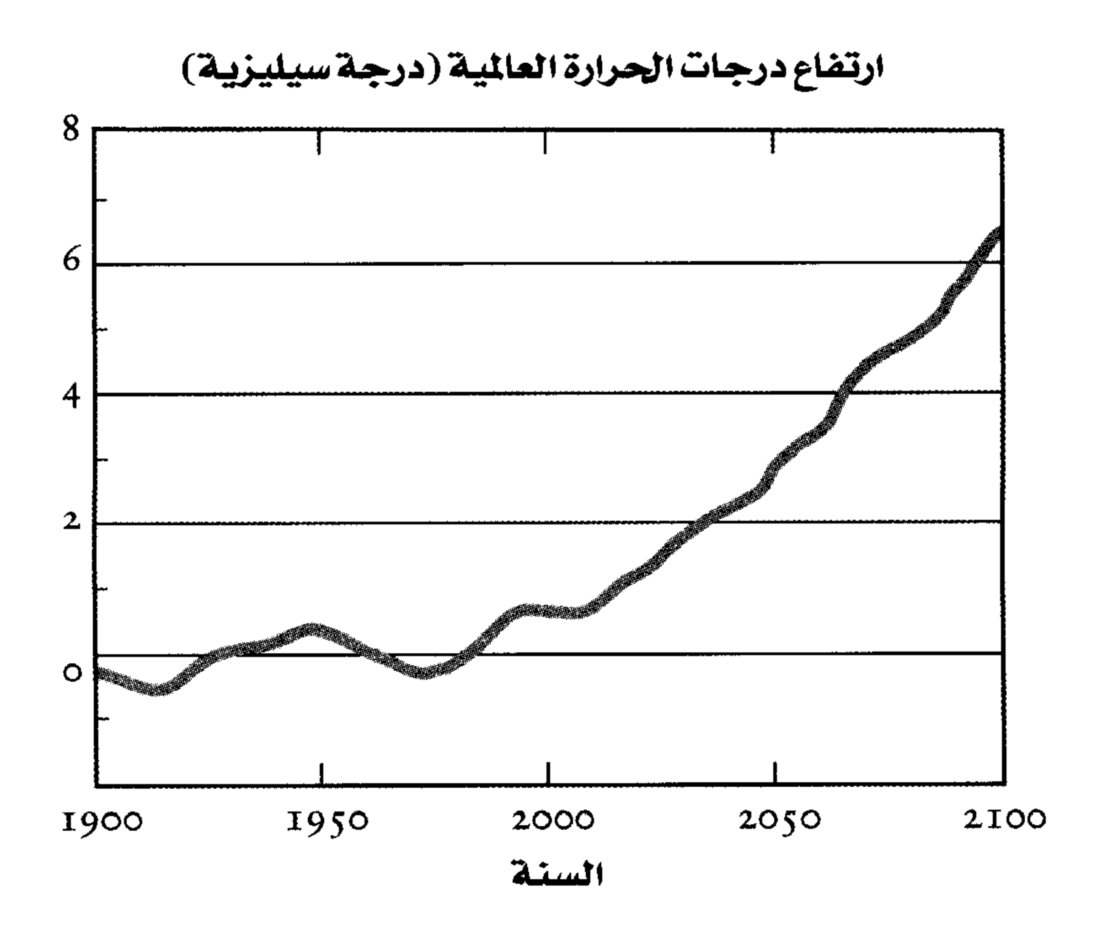
عندما يكتشف شخص ما في وقت متأخر جدا أنه يعاني من مرض خطير لا شفاء منه وأن فرصته في البقاء على قيد الحياة لا تزيد على ستة أشهر، تكون استجابته الأولى هي الصدمة، ومن ثم في حالة إنكار يقوم غاضبا بتجريب أي علاج يقدم له، أو يلجأ إلى مزاولي الطب البديل. وأخيرا، إذا كان حكيما، فإنه يصل إلى حالة من القبول الهادئ. إنه يعلم أنه لا لزوم للخوف من الموت وأنه لا يمكن لأحد الإفلات منه. وإذا كان المرض هو السرطان فإن حركة «المأوى» تلك المنظمة الرائعة التي أسستها القديسة الحقة، السيدة سيسلي ساوندرز، غالبا ما تجعل النهاية أكثر جاذبية من البداية.

ينصــح العلماء الذيــن يدركون حقيقة وضــع الأرض حكوماتهم بجدية معالجة هذا الوضع المميت بأســلوب الطبيب نفســه. ونرى الآن ردود الفعل على ذلك. في البداية كان هناك إنكار على جميع المســتويات، ثم كان هناك البحث اليائس عن علاج. وكما نجرب كأفراد العلاج البديل، فإن لــدى حكوماتنا عروضا عديدة من رجــال الأعمال ومن جماعات الضغط المســاندة لهم لطرق مســتدامة لـ «إنقــاذ الأرض»، ومن بعض ملاجئ الخضر قد يأتي عقار الأمل.

وإذا شــككت في أن هذا المســتقبل المظلم حقيقــة، فدعني أذكرك بالقوى التي تحول الأرض الآن إلى بيت حار. تشمل هذه القوى الانبعاث المتزايــد لغازات الدفيئة من الصناعــة والزراعة - الغازات من البيئات الطبيعية التي خربت بالاحترار العالمي في المناطق القطبية والاستوائية - ولــم تعد البيئــات الطبيعية المحيطية الضخمــة التي كانت تمتص غاز ثاني أكســيد الكربون قادرة على ذلــك، لأن المحيطات تحولت إلى صحارى مع زيادة درجة حرارتها وارتفاع حموضتها، وهناك الامتصاص الإضافي لحرارة أشعة الشمس مع ذوبان الجليد العاكس لها، واستبداله بــأرض داكنة أو بالمحيطــات. وتضيف كل زيادة منفصلــة حرارة، ومع بعضها البعض تضخم الاحترار الذي نسببه. إن قوة هذه المحصلة وعدم قدرة الأرض الآن علــى مقاومتها هما اللذان يضطرانني لرؤية الجهود المبذولة لتثبيت غاز ثاني أكســيد الكربون ودرجة الحرارة ليست أفضل من علاج كوني شبيه بالطب البديل.

علــى ما أعلم، لم يقلق أحد في مؤتمر بالي أو في اجتماعات الأمم المتحدة التي سبقته بشــكل مباشر حول غايا، أو أخذ بعين الاعتبار رد فعل الأرض الحية على ما نفعل بها. وفي الحقيقة مع ازدياد درجة حرارة الأرض وقبل الموعــد المحدد في العام 2050 بكثيــر، فإن الإصدارات من غازات الدفيئة والتغيرات الظاهرة التي تســببها الأرض نفسها قد تتجاوز تأثير الاحترار من الغازات التي أضفناها جميعها. إن الافتراض بأن المناخ يمكن أن يستقر بتخفيض الإصدارات عند تركيز 550 ج. ب. م لثاني أكســيد الكربون وبدرجة حرارة عالميــة أعلى من العادية بأربع

درجات ليس له أساس علمي. وبدلا من ذلك فلربما التزم نظام الأرض مسبقا بتغير لا رجعة فيه، حتى لو نفذنا كاملا تخفيض غازات الدفيئة الموصى به بنسبة 60 في المائة.



الشكل «3-1»: تنبؤ الاحترار للجزء الشمالي من الكرة الأرضية للقرن القادم، بحسب تنبؤات النموذج التي ذكرها بيتر ستوت في مقاله في العام 2006 حول الصيف الأوروبي الحار بشكل غير عادي العام 2003. رسم الخط المبين باليد ويجب ألا يؤخذ على أنه أدق من مخطط على سبورة.

من الغريب أن يكون السياسيون بلا حكمة بحيث يوافقون على سياسات لعقود عدة قادمة. ربما كانت هناك أصوات من علماء حذرت من عدم جدوى مثل هذا التخطيط، ولكن لو كان الأمر كذلك فلا يبدو أنهم سمعوا هذا التحذير. وحتى لو خفضنا إصداراتنا بنسبة 60 في المائة إلى 12 غيغا طن في العام، فلن يكون ذلك كافيا. لقد ذكرت

مرات عدة من قبل أن الزفير مصدر قوي لغاز ثاني أكسيد الكربون، ولكن هل تعلم أن الزفير والإصدارات الغازية الأخرى من حوالي 7 مليارات إنسان على الأرض مع حيواناتهم المدللة والمدجنة مسؤولة عن حوالي 23 في المائة من إصدارات غازات الدفيئة كلها؟ وإذا أضفت إليها الوقود الأحفوري المحروق في النشاط الكلي لزراعة الغذاء، وجمعه، وبيعه، وتقديمه، فسيبلغ هذا كله حدود نصف الإصدارات من غازات الدفيئة كلها. فكر في آلات الزراعة، ونقل الغذاء من المزارع، ونقل الأسمدة، والمبيدات، والوقود الداخل في تصنيعها، وبناء الطرق وصيانتها وتشغيل الأسواق وصناعة التعبئة، فضلا عن الطاقة المستخدمة في طهو الطعام، وحفظه بالتبريد، وتقديمه. وكأن هذا كله ليس كافيا، فكر في كيف تفشل المزارع في خدمة الأرض غايا كما كانت الغابات التي استبدلت تفعل. لو كنا بمجرد العيش مع حيواناتنا المدللة وقطعاننا مسؤولين عن نصف الإصدارات من غاز ثاني أكسيد الكربون، فلا يمكنني رؤية كيف يمكن تحقيق التخفيض بمعدل 60 في المائة من دون ضياع كبير في الحياة. وسواء أحببت ذلك أم لا، فإننا نحن نمثل المشكلة وكجزء من نظام الأرض، لسنا شيئا منفصلا عنها أو فوقها. وعندما يطلب منا زعماء العالم أن نتبعهم إلى المراعي الخضر الواعدة مستقبلا، عليهم أن يتأكدوا أولا أنها حقا عشب على أرض صلبة وليست طحلبا يغطي مستنقعا.

إن الاستنتاج الوحيد المؤكد تقريبا والذي يمكن التوصل إليه من المناخ المتغير واستجابة الناس له، هو أنه لم يبق أمامنا سوى وقت قصير للعمل. ولذا فإنني أدعو إلى جعل التكيف مساويا في الأهمية على الأقل للسياسات المخططة للتخفيف من الإصدارات. لايمكننا الاستمرار في الافتراض أنه بسبب عدم وجود طريقة لطيفة لخفض أعدادنا، يكفينا فقط تحسين بصماتنا الكربونية. هناك العديد جدا من الذين يفكرون فقط في الربح الذي سيأتي من تجارة الكربون. ليس البصمة الكربونية لوحدها هي التي تؤذي الأرض، لأن بصمة البشر أكبر من ذلك وأشد خطرا.

إننـــا نواجه فعلا العواقب الســلبية لتراكم في غازات الدفيئة وصل إلـــى أكثر من 430 ج. ب. م من مكافئ ثاني أكســـيد الكربون، وفقدان الأنظمة البيئية المؤسسة على الأرض، وتصحر الأراضي وقاع المحيطات، وانصهـــار الجليد القطبي، والتي تعمل كلها فـــي تغذية راجعة إيجابية، وربمـــا تلـــزم الأرض باحترار لا رجعة فيه. وربما لـــن يكون هناك خيار سوى الاستخدام المباشر لتقانات تبريد الكون التي ستناقش في الفصل الخامس حول الهندسة الجيولوجية، بما في ذلك محاولة إزالة الكربون من الغلاف الجوي بطمر الفحـــم النباتي. وفيما إذا كانت هذه الجهود فـــي تبريد الأرض إلى حالتها الســـابقة ذاتية التنظيم في عصر ما بين الجليديتين ستنجح أم لا، علينا أن نستعد للفشل عن طريق التكيف.

إن جوهر المشكلة هو وجود أعداد كبيرة جدا منا تعيش كما نفعل الآن، وقد ذكر بـــاول وآن إيهرليش هذا منذ أربعين عاما فـــي كتابهما «**القنبلة السكانية**». ولكننا لم نســـتمع إليهما. لقد مالا إلى المبالغة، لكن نظرتهما الثاقبة حول أخطار الانفجار الســـكاني كانـــت صحيحة. يمكننا نظريا أن نـــأكل أقل ونحافظ على الطاقـــة، لكننا عمليا لن نفعل ذلـــك أبدا، ما لم نجبر على ذلك. إن عواقب نمونا الزائد وإصداراته لا تختلف إلا قليلا عن النمو الزائد لكائنات التمثيل اليخضوري (نباتات وحيدة الخلية) التي نمت وتكاثرت أيضا منذ ملياري ســـنة أو أكثر، وبالتالي غيرت عالمها، وحكمت على طيف واســـع من النظـــم اللاهوائية بالعيش تحـــت الأرض. لقد كان الغاز الملوث لها هو الأكســـجين، وهو غاز سام ومسرطن ومسبب للحريق، وقد تطورت الحياة، بما فيها نحن، للاســـتفادة منه. ومثل كائنات التمثيل اليخضوري لم يكن بوســـعنا تجنب الوصول إلـــى أعدادنا الزائدة الحالية وإلى الحالة غير المســـتدامة التـــي وصلنا إليها. إننا علـــى ما نحن عليه، وهنـــاك القليـــل الذي كان بوســـعنا فعله لتجنب ما يبـــدو الآن على أن له تغيرات سلبية، وعلينا ألا نشعر بالذنب تجاه ذلك.

ولو كان زعماؤنا أقوياء وعظماء، لاستطاعوا منع الاحتفاظ بالحيوانات المدللة والمدجنة، ولفرضوا الغذاء النباتي، ولمولوا برنامجا ضخما لإنتاج الغذاء من الصناعـــات الكيميائية والكيمياحيويـــة، و بهذا يمكن حصر

المـــوت للحيوانات المدللة والمدجنة فقط. ومن المشــجع أن رئيس منظمة الـ IPCC الدكتور باشـــوري أوصى بغذاء نباتي كأسلوب للعيش. لكن من المؤكد تقريبا أن الأمور لن تحدث على هذا النحو، وسيستمر الناس في الزراعة والأعمال والحكم كالمعتاد. إن التغيير في نمط الحياة والزراعة وعادات الغذاء ليس خيارا سياســيا مســتحبا، والأكثر احتمالا أن تتبع الحكومات الطريق السهل باســتخدام الضرائب والمعونات لدفع المزارع والصناعة والجمهور في أي اتجاه تفضله عقيدتها السياسية. وغالبا ما ننسى أن واجب الصناعي هو تجاه مساهمي شركته، وليس تجاه الحكومة أو المجتمع، وبالتأكيد ليس تجاه كوكب الأرض. ليس الصناعيون أجشــع أو أقل إحساســا من بقية الناس، لكن الضريبة والمعونة تشــوه قدرتهم على الحصول على الربح، لذا فهم يفضلون عادة مصادر غير كفؤة لكنها مربحة من الطاقة والمنتجات الزراعية على خيارات حساسة وكفؤة على المدى الطويل لكنها أقل ربحا. وهذا هو السبب في أن الصناعة ستدعم الطاقــات المتجددة، وتجارة الكربون، والوقــود الحيوي، والتي هي غير كفؤة أو حساســة، لكن ربحها فوري. إن الطاقة النووية مربحة حتى من دون الدعــم الحكومي، ولكن كما في حال شــراء بيت بالتقســيط، فإن الربــح منه مؤجل. وفي المناخ الاقتصادي الســائد المشــوه بالدعم، فإن الطاقة النووية أقل جاذبية للصناعة.

يســتمر في هذه الأثناء تغير المناخ بلا هوادة، مدفوعا الآن بتغذيات راجعة من الأرض وبالزيادة في إصداراتنا واستخدامنا للأراضي. وليس هنــاك نقطة انعطاف، فنحــن ننزلق على منحدر وعر يــزداد انحدارا باتجاه العالم الحار في المســتقبل. وحتى في ملاجئ البقاء الآمنة حيث يكون التغير المناخي لطيفا، بحيث يسمح بالنمو المستمر للغذاء، ستكون هنــاك كوارث وصعوبات. ولذا ففي المناطــق الأكثر خصوبة في العالم غير المتأثــرة بالحرارة والجفاف بما في ذلك هولندا، والمملكة المتحدة، وايرلنــدا، قد يؤدي ارتفاع مســتوى البحر والعواصــف إلى فيضانات كارثية. ومن المحتمل أن يغــرق معظم مدينة لندن، ويتعطل نظام النقل تحت الأرض. وقد تصبح هولندا غير صالحة للســكن. وحتى الفيضان

المؤقت بمياه مالحة يخفض بشدة إنتاجية الأرض الزراعية. لقد أصاب إعصار العام 2005 معظم المدن الساحلية في نيو أورلينز في الولايات المتحدة بالفيضان، وهو يذكرنا بأن المدن على مستوى سطح البحر أو القريبة منه جميعها مهددة. وعندما نعتبر إمدادات الغذاء والطاقة، علينا أن نتذكر أن الحاجات الفورية للمستهلكين من البشر هي جزء واحد فقط من المشكلة. نحتاج أيضا إلى الحفاظ على البنى التحتية للمدن والسكن والصحة والخدمات الأخرى، بما في ذلك المدارس وصرف الفضلات والمواصلات. ومن السهل جدا نسيان حاجات غايا: علينا أن نبقي على أنظمة بيئية كافية على الأرض وفي المحيطات من أجل أن تنظم الأرض ذاتها.

إن التغير المناخي متقلب. لقد جعلت الأحداث في بداية العام 2008 الكثيرين في أوروبا والولايات المتحدة يشكّون في تقدم الاحترار العالمي وفق الموعد، أو أنه يشكل السبب الرئيس للقلق. لم يبد المناخ في ذلك الوقت سيئا بما يكفي ليتطلب إجراء فوريا، وكانت عقولنا مملوءة بالخوف من تدهور المناخ المالي أو ركوده. وبالفعل سيلحظ طبيب كوني ينظر في المخطط السريري لكوكبنا، المفترض أنه مريض، سيلحظ أنه على الرغم من الاحترار العالمي المؤكد بالارتفاع المستمر لمستوى البحر خلال السنوات العشر الماضية، فإن متوسط درجة حرارة الأرض لم يتغير بشكل كبير خلال الفترة ذاتها. حتى أن بعض علماء المناخ الجيدين يعتقدون أنه ربما كان هناك انخفاض بسيط في درجة الحرارة خلال القرن الحالي. ومن الصحيح أنه كانت هناك عوارض مخيفة مثل الانصهار غير العادي للجليد القطبي في صيف العام 2007، لكن على الرغم من هذه المخاوف فإنه لايبدو أن حمى الأرض تزداد سوءا. والأكثر من ذلك فإن صيف العام 2008 كان باردا ورطبا في شمال أوروبا وأنحاء من الولايات المتحدة، وهو ما كان غير متوقع من الاحترار العالمي. وقد عكس هذا التراجع الظاهري في مرض الأرض في ورقة نايجل لاوسون الرصينة «**دعوة للتعقل**». ويأتي كتابه كنسمة من الهواء النقي تدخل من نافذة مفتوحة في غرفة مؤتمرات حارة.

إن معظم المشـــككين في تغير المناخ يفشـــلون فـــي إخفاء مصلحتهم في الوضـــع الحالي، وهم غيـــر مقنعين وحتى إنهم مملـــون. لكن هنا كتابا ينكر الاحترار العالمي كتب بحماس ولكن باستقلالية محترمة، كما لو أن المؤلف كان محاميا للمشككين في التغير المناخي.

أعتقـــد أن المؤلف كان محقـــا في نقد المبالغة التي ترافق اســـتجابة الجمهـــور للاحترار العالمي. ولكنني لا أتفق مطلقا مع إنكاره، وأعتقد أن هناك احتمالا ضئيلا فقط ألا يصبح العالم أشـــد حرارة كما شرحت في الفصل الثاني. ومن المفيد الآن مقارنة الأرض بشراب مثلج. وقد لاحظت أن الشراب يبقى باردا حتى تذوب آخر قطعة من الثلج، وهذا هو الوضع إلى حد ما بالنســـبة للأرض. لقد ذهبت كمية كبيرة من حرارة الاحترار العالمي إلى تســـخين الكتلة الهائلة من مياه المحيطات وفي صهر الجليد. وقد يكون هذا واحدا من عدة أسباب لعدم تسخته أكثر، ولكن بمجرد أن ينصهر الجليد ويصل مزج مياه المحيطات إلى توازن ديناميكي ســـيمضي الاحترار العالمي بســـرعة أكبر من السابق. إن كتاب لاوسون يجبرنا على التفكير في الأرض وفيما نفعله لها في الســـياق الأكبر. وإنني أثني على إنكاره ومرارته من الشعبية الرائجة التي تلازم كل شيء يبدو أنه أخضر.

إن الطبيعـــة البشـــرية، وهي التصرف الذي يأتي مـــن الذكاء الذي أعطانا إياه التطور، تقلل من فرصنا في البقاء. ونحن مثل نسور عالية التحليق - الصقور والنســـور التي تطورت لتلتقط فرائسها من الأجواء وأن تفعـــل ذلك بصورة جيدة جدا - لكن ما مصير النســـور إذا انتقلت فرائســـها كلها لتعيش تحت ســـطح الأرض؟ إنها لـــم تتأقلم لتطير في الخنـــادق والكهوف، ولن تكون عيونهـــا الرائعة مفيدة لترى في الظلام. لقد تطورنا بشـــكل كامل لكي نعيش على الصيد والالتقاط. لقد نغمت أجنحة عقولنا بالتطور للبقاء في العالم منذ مليون ســـنة مضت، ولكننا غير مجهزين للبقاء في عالم القرن الحادي والعشرين الذي صنعناه كما لو كنا صقرا في كهف. إن ذكاءنا ليس شيئا منزلا، لكنه خاصة تطورت لتلائمنـــا مـــع موقعنا تماما، مثـــل تطور المنقار الصلب لنقار الخشـــب ليلائمه مع عالم يتكون غذاؤه فيه من حشرات لحاء الشجر.

إن حضارتنا الصناعية الراهنة غير ملائمة جدا للبقاء في عالم يفيض بالسكان، ويشح بالموارد ومخدوع بفكرة أن الاختراعات الذكية والتقدم العلمي سيقدمان الأداة التي تجعلنا نتلاءم مع موقعنا المفترض. أعتقد أنه من الأفضل أن لو قبلنا وفهمنا فرصتنا في بقائنا الشخصي، وأن نستمد الأمل من حقيقة أن صنفنا صلب بشكل غير اعتيادي، وقد تخطى سبع كوارث مناخية رئيسة في المليون سنة السابقة، ومن غير المحتمل أن يفنى بسبب الكارثة المناخية القادمة. لقد لاحظ علماء الجينات المهتمون بالتطور البشري أننا مررنا بعنق زجاجة جينية مرة واحدة خلال المليون سنة السابقة حيث قل عدد أجدادنا إلى حوالي الألفين فقط. ولحسن الحظ فإن غايا أصلب بكثير وقد عاشت ككوكب حي لأكثر من ربع عمر الكون.

أعطى مايكل شيرمر مثالا محددا على خاصة عقلية تطورية كانت فيما مضى مفيدة للبقاء لكنها أصبحت الآن عائقا خطيرا في مقاله في مجلة العلوم الأمريكية في أغسطس من العام 2008. لقد استشهد بحادثة طبية مثيرة للجدل حدثت أخيرا ليشرح لماذا يأتي التفكير القصصي بشكل طبيعي، بينما لا يتم ذلك بالنسبة للتفكير العلمي. كان الجدل فيما إذا كان مرض التوحد مرتبطا بتلقيح الأطفال. فمن جهة يلاحظ بعض الآباء أن مرض التوحد يظهر بعد فترة قصيرة من إعطاء اللقاح، ومن جهة أخرى لا يجد العلماء أية علاقة عرضية بين التلقيح أو المواد الحافظة الموجودة في اللقاح وأعراض مرض التوحد. إن العلاقة القصصية وخاصة عندما تضخم على شكل قصة بواسطة وسائل الإعلام، قوية جدا بحيث تجعل الناس يتجاهلون الدليل العلمي المناقض لها. ويمضي شيرمر ليقول إن سبب هذا التناقض المعرفي هو أننا طورنا عقولا تهتم بالقصص لأن الإيجابي الخاطئ (الاعتقاد أن هناك علاقة بين A وB في الوقت الذي لا توجد فيه علاقة) غير مؤذ عادة، بينما السلبي الخاطئ (الاعتقاد أنه ليست هناك علاقة بين A وB في الوقت الذي تكون فيه علاقة) قد يأخذك خارج التجمع الجيني. إن عقولنا عبارة عن محركات اعتقاد تستخدم التعلم

الترابطـــي في البحث عن أنماط والعثـــور عليها. ويمتد عمر التفكير الخرافي والإيمان بالســـحر لملايين السنين السابقة، بينما يمتد عمر العلم الذي يتجنـــب بطرقه البارعة الإيجابي الخاطئ بضع مئات من السنين فقط.

هناك تشـــابه بين علاقة التلقيح بمرض التوحد والاعتقاد المتداول أن هناك تجمعات من ضحايا سرطان الدم بين الناس الذين يعيشون بالقرب من محطـــات الطاقة النووية. إنني أعلم كعالـــم أن هذا مجرد هراء، لكن حـــاول أن تقنـــع امرأة فقدت قريبا لها صدف أنـــه كان يعيش بالقرب من محطة نووية بأن الاحتمال ضئيل جدا. وهذا هو الســـبب في سهولة إقناع الجمهور الساذج بأن الهاتف الجوال غير المؤذي الذي تستخدمه أو الخط الكهربائي القريب منك يشكل خطرا.

وإذا كان عالمنـــا الحالي غير مســـتدام تمامـــا، فكيف نتراجع عنه بشـــكل مســـتدام؟ وللجواب عن هذا الســـؤال من المفيد التفكير في غواصة نووية كنموذج مصغـــر للكون. على الغواصة أن تتواجد تحت الأمـــواج لفترات قد تمتد لنصف ســـنة وأن تحافـــظ دوما على بيئة صحية لقاطنيها. وتأتي الطاقة من مفاعلات نووية مستقرة وموثوقة. إن المفاعـــل معزول جيـــدا بحيث يتعرض ركاب الغواصة إلى إشـــعاع أقل من أي شـــخص حي آخر. وعلى عمق 100م لا يتغلغل أي إشعاع أرضـــي أو كوني، ولكن بالنســـبة لنا على ســـطح الأرض فبالإضافة إلى الاشـــعاع الكوني والعناصر الطبيعية المشـــعة في التربة وجدران منازلنا، فإن مفاعلنا وهو الشـــمس غير معزول عنا عدا طبقة نحيفة من الهواء التي تفصلنا عن الفضاء. وسريعا ما نكتشف كم أن حمايتنا ضعيفة عندما نجلس في الصيف تحت أشـــعة الشـــمس لفترة طويلة ونعاني من الحروق الإشعاعية. إن هواء الغواصة منظم جيدا كما هو حال الغلاف الجوي الذي نستنشـــقه على ســـطح الأرض، وأيضا فإن إمـــدادات المياه معادة وموثوقة. وفي كتيب التشـــغيل لضابط التحكم تحذير ألا يســـمح لتركيز الأكسجين بأن يتجاوز الـ 21 في المائة أبدا، فهـــذا ليس في مصلحة صحة البحارة فقط، ولكن لأن خطر الحريق

يتضاعف تقريبا لكل 1 في المائة زيادة في تركيز الأكسجين في الهواء، والحريق مميت في الغواصة. ويحتاج غاز ثاني أكسيد الكربون أيضا إلى ضبط لأن البحارة يزفرونه دوما، ولأن زيادته تجعل الاستنشاق صعبا، تخيل فقط الخطورة التي تنجم لو استخدم الوقود الأحفوري داخل الغواصة. ومثل الغواصة، نتمتع بمورد ثابت وموثوق من مفاعلنا النووي الموجود في السماء، بينما تنظم غايا إمداداتنا بالهواء والماء. ولا يشك أحد في أن الغواصة محدودة بالنسبة للسكان الذين يمكنها أن تستوعبهم فلماذا علينا تصور أن الأرض تستوعب عددا غير محدود من الناس؟

إن مشاكلنا الآن شبيهة بشكل عجيب بمشاكل بحارة تعساء في غواصة غارقة في الأعماق لا يمكن إنقاذها، ولكن يوجد فيها بعض علب النجاة التي يمكن للبعض أن يطفو بها بأمان إلى سطح المحيط. كم هي شبيهة بالأرض التي تفيض الآن بسكانها بحيث إن نسبة قليلة فقط ستصل إلى الأرض المتبقية القابلة للسكنى. أعتقد أن هذا هو وضعنا الحالي ولكن على الرغم من سوئه فإنه يعطي الفرصة لنوعنا أن يبقى على قيد الحياة.

ليس الخطر الأكبر الذي يسببه الاحترار العالمي هو المفاجآت المثيرة لحوادث الطقس غير المسبوقة مثل العواصف وفيضانات مياه الأمطار العنيفة أو حتى الحرارة التي لا تطاق. إن الخطر يأتي من جفاف طويل ومستمر. وبحسب التنبؤات (تقرير مجموعة العمل الثانية في الـ IPCC للعام 2007) فإن أجزاء عدة من العالم ستشهد عوزا في الماء بحلول العام 2030، وستمتد الظروف الصحراوية التي تشهدها أستراليا وأفريقيا إلى جنوب أوروبا. وستسقط أمطار شديدة لكن عندما تكون درجة الحرارة أعلى من منتصف السبعينيات فهرنهايت فإنها لن تفيد كثيرا. وستستمر زيادة الحرارة وتحطيم النظم البيئية للغابات لتأمين المزارع، وسيعجل هذا من تحول الغابات المطرية إلى أحراش وصحارى. ومادام هناك فائض من الطاقة فيمكن تحمل الحرارة شخصيا باستخدام تقانة التكييف، وبالفعل لن تكون الظروف

في مدن المناطق الحارة أسوأ بكثير من تلك في بغداد وأليس سبرنغس أو فينيكس الآن. إن الموت يأتي من الجفاف عندما لا يتوافر الماء أو الغذاء من المحاصيل.

وعندما ننظر إلى التنبؤات المستقبلية للمناخ نرى أن معظم المناطق القارية ستصبح جرداء بسبب الجفاف. وسيكون لهذا نتائج مدمرة بالنسبة للدول كثيفة السكان حاليا مثل الصين، والهند، وأجزاء من أفريقيا. إن الحياة على الأرض تعتمد كلية على المياه التي تشكل ثلاثة أرباع وزن أشكال الحياة كلها تقريبا. وبدون إمداداته الوفيرة لن تنمو المحاصيل الغذائية وستكون سقاية الأراضي التي تروى الآن بمياه الأمطار كلها مهمة مستحيلة. وستكون هناك مناطق أصغر بكثير حيث يتم هذا، وستكون هذه المناطق أماكن لجوء مثل الحضارات القديمة على النيل والفرات.

وبالتأكيد لا يعني هذا أنه ليس هناك ما يمكننا عمله. علينا ألا نجلس وننتظر الإنقاذ كما فعل أولئك التعساء الذين بقوا، من دون تعليمات في مكاتبهم في برجي مبنى التجارة في الحادي عشر من سبتمبر العام 2011، يمكننا أن ننتقل إلى المناطق الآمنة. بالطبع سوف نعاند ونستمر في إنكار الاحترار العالمي ونحاول إيهام أنفسنا بأنه ليست هناك حاجة ملحة للانتقال، ولكن السرعة المتزايدة لذوبان الجليد القطبي وارتفاع مستوى سطح البحر والمناطق المناخية تحذرنا بأن نظام الأرض قد تحرك منذ زمن وأن علينا أن نتحرك سريعا. والأكثر من ذلك فإن التأثيرات الإيجابية الراجعة الملحوظة للاحترار تجعل من غير المحتمل التباطؤ أو التوقف قبل الوصول إلى المرحلة المستقرة التالية. وقد يمكننا من خلال الهندسة الجيولوجية تحسين بعض النتائج الأولية للاحترار، لكنني أشك كثيرا في أن لدينا الحكمة أو الذكاء لعكسه. ومثل متزلج يتسبب بالصدفة في انهيار ثلجي، فهناك القليل الذي يمكننا فعله لإيقاف مسيرته المدمرة.

لذا، فهل ستكون جهودنا كلها لنصبح حياديين بالنسبة للكربون، وأن نلبس الخف وقميص الوبر ونتبع الخضر المتشددين، بلا جدوى؟ هل نستطيع العودة إلى صيغة «العمل كالمعتاد» لفترة ونكون سعداء ما

بقيت؟ نسـتطيع ذلك، لكن ليس لفترة طويلة. وعـدا عن فترة انقطاع محظوظة من النـوع الطبيعي أو المهندس جيولوجيا، يمكن للأرض في عقـود قليلـة أن تتوقف عن أن تكون صالحة لسـكن الـ 7 مليارات من البشـر، وسوف تنقذ نفسـها بقتل الجميع عدا القليل من أولئك الذين سيعيشـون فيما سـيصبح مناطق قاحلة. وسـوف يكون لأولئك الذين يغادرون إلى مناطق أبرد لم تزل خصبة، فرصة أفضل للبقاء. وإذا أنقذ عدد كاف منا بهذه الطريقة فسيكون ذلك مفيدا لغايا أيضا. ويبدو أنه من الممكن لعدد منا أن يبقى على قيد الحياة ليضمن اسـتمرار نوعنا، ولكـن هناك حاجة ملحة تقلل من قـدرة الأرض على الحمل أكثر وهي متطلبات غايا نفسها. فهناك متطلبات للبقاء أكثر من احتياجات البشر فقـط. وتحتاج غايـا من أجل الحفاظ على المنـاخ وتركيب الأرض إلى الأنظمة البيئية، والغابـات، والنباتات الأخرى على الأرض، والطحالب فـي المحيطات لدعم الحياة. وإلا فسـينتقل كوكبنـا بإصرار إلى حالة الاسـتقرار الحارة جدا والقاحلة تماما، وسيكون في النهاية وسطا بين حالة المريخ والزهرة.

ما هو أكيد هو واجبنا في البقاء على قيد الحياة، لذا يجب أن تتجه أكبـر جهودنا إلى تعلم كيف نعيش بأفضـل صورة ممكنة على الأرض الحارة التي ستتناقص رقعتها قريبا. ونحن في بريطانيا نعيش في أحد الملاجـئ الآمنة حيث يمكن للحياة أن تسـتمر في عصر الحرارة. ومن بعض النواحي يشبه سكان بريطانيا ركاب سفينة تحولت لتأخذ لاجئين هربـوا من أراض أصابها الجفاف. وبالنسـبة للاجئـين فنحن قارب نجاتهم، لكن على قبطان السـفينة وملاحيهـا أن يقرروا العدد الذين يمكنهم أخذه، من يمكنه الصعود إلى السـفينة ومن سـيبقى ليتحمل فرصه؟ تقتـرح العدالة أن يكون هناك سـحب يانصيب، لكن التفكير السـليم يستبعد مثل هذا الاختيار البسـيط. وعلى المرضى والمقعدين والشـيوخ أن يبقـوا، وأن يأخـذوا فرصهم مـع الـركاب الذين دعوا لمساعدتهم. وعلى السـفن فمن المعتاد أن يكون الأطفال والنساء أولا،

ولكن هناك حاجة إلى بعض الرجال، ماذا ستكون النسبة الصحيحة بين الجنسين؟ أعتقد أنها لن تكون بعيدة عن المساواة لأن هذه هي النسبة التي اختارها الانتقاء الطبيعي.

ليس هناك رقم بسيط لاستطاعة الأرض على الحمل بالنسبة للبشر. فهي تعتمد على الطريقة التي يعيش بها الناس. هل هم نباتيون أم آكلو لحوم؟ هل يزرعون وبالتالي يزيحون الأنظمة البيئية؟ هل هم صناعيون، وبالتالي ما تأثير صناعاتهم؟ وبالإضافة إلى هذه الخصائص البشرية، فإن الأرض نفسها ليست ثابتة. فالعدد الذي يمكنها تحمله يختلف مع حالتها. فلو كانت صحراء بشكل رئيس فسيكون العدد صغيرا، ولو كانت مروية جيدا وخصبة بالمغذيات فسيكون العدد في الميل المربع يعادل ما هو موجود في بنغلادش. ولو كنا صيادين وآكلي لحوم من النوع الأول فمن غير المحتمل أن تتحمل الأرض ولو كانت خصبة أكثر من 10 ملايين منا. ولو كنا لاقطي ثمار ونباتيين بشكل خاص فيمكنها أن تتحمل 100 مليون أو أكثر. وبوجود العلم والتقانة، فإن العدد غير موزون، وقد برهنا على أنه من الممكن حمل 10 مليارات لفترة قصيرة. لكن كم سيكون العدد على أرض أحر بسبع درجات من الآن؟ ربما سيكون بحدود 100 مليون لو انخفضت استطاعة حمل سطح الأرض الحار إلى 10 في المائة مما لدينا الآن. كل ما يمكننا قوله بشكل مفيد عن استطاعة الأرض على الحمل بالنسبة إلى البشر هو أنها تتغير بسرعة.

الشيء الطبيعي الوحيد في مصلحتنا هو أن المحيطات تغطي أكثر من 70 في المائة من الأرض، وستزداد هذه النسبة مع ارتفاع مستوى سطح البحر، وإلا فستسخن الأرض بشكل أسرع، لكن المحيط الحار لسوء الحظ أقل إنتاجية من البارد. وعلينا أن نركز على تشجيع الأنظمة البيئية في المحيطات آخذين في الاعتبار بشكل رئيس تنظيم مناخ الأرض على الرغم من أن بعض الغذاء والوقود سيكونان منتجا ثانويا. وبالنظر إلى العالم مرة أخرى بعد عقدين أو ثلاثة، نرى أن المساحات الأوسع من الأرض القابلة للسكنى توجد في المناطق المعتدلة والقطبية

في الشمال والجنوب - في باتاغونيا، وجنوبي تشيلي، وكندا، وسيبيريا، وألاسكا، وشمال أوروبا بما في ذلك إسكندنافيا وشواطئ المحيطات الغربية - إضافة إلى جزر مثل الجزر البريطانية ونيوزيلندا وتازمانيا، وجزر عدة أصغر موزعة عبر المحيطات. ولا نعلم إلى الآن فيما إذا كانت ستصبح حارة جدا وجافة لإنتاج المحاصيل. السجل الجيولوجي للفترة الحارة الأخيرة منذ 55 مليون سنة يقترح أن حوض القطب الشمالي كان استوائيا في درجة حرارته وأن النباتات كانت كثيفة فيه. ولن تكون بقية القارات قاحلة بالكامل، وستكون هناك واحات ومجاري أنهار ستظل تروى بشكل جيد لنمو النباتات.

ويمكن لأي محاولة من قبل الحضارة الباقية على قيد الحياة للاستثمار في زراعة الأراضي التي يجب أن تبقى غابات طبيعية، أو لحرق الوقود الأحفوري، أن تقود إلى كارثة، لكن الإغراء سيكون كبيرا لأن القطب الشمالي يحتوي كميات هائلة من النفط والغاز والفحم الحجري. ولو استخدمنا هذه الموارد كما نستخدمها الآن فقد نصبح جلادي أنفسنا ونسبب الموت لغايا أيضا. وستترك الأرض في هذه الحالة حارة وقاحلة من دون حياة عدا بعض الأحياء المحبة للحرارة: غلاف حيوي مشتت جدا ليسمح بكون ينظم ذاته.

أفترض للوقت الحاضر أن درجة حرارة الأرض سترتفع خلال هذا القرن بالشدة ذاتها على الأقل كمتوسط المجال الذي تتوقعه الـ IPCC، وأن نتيجتها الفيزيائية المباشرة، ارتفاع مستوى سطح البحر، سيتقدم كما كان منذ العام 1990 بضعف السرعة المتوقعة. لا شيء مؤكد، وعلي أن أقبل أنه قد لا يحدث أي من هذا. وبدلا من ذلك قد يعمل واحد أو أكثر من الاقتراحات العديدة لهندسة الأرض جيولوجيا وإيقاف الاحترار العالمي، أو قد يتدخل حادث طبيعي ما، مثل سلسلة من الانفجارات البركانية الضخمة، أو أن النماذج التي تتنبأ بالمناخ هي أكثر خطأ مما اعتقدت. وسيكون التناقض الأفضل من هذا كله اكتشاف أن الفكرة التي وصفها يوهانس ليهمان في نيتشر العام 2007 قد سمحت لنا بأخذ كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون من الهواء لصنع الفحم

النباتي ومن ثم طمره في التربة. لقد شرحت هذا بتفصيل أوسع في الفصل الخامس وأعتقد أن له فرصة لوقف الاحترار العالمي. لكن مع قولي هذا، ومعرفة رغبتنا العنيدة في الاستمرار بالعمل كالمعتاد، أشك في أنه لو جرب فسيتم إلى درجة تكفي لتحقيق المأمول منه. فنحن غالبا ما تنسى نوايانا الطيبة كالوعود غير المقروءة التي نقر بها بنقر فأرة الحاسوب عند نهاية تصريح قانوني طويل غير مقروء يظهر على الشاشة مع كل برنامج حاسوبي نشتريه. وسأتابع الكتابة مفترضا أنك نقرت على المفتاح ووافقت أيضا.

ولفهم القليل مما سيكون أمامنا سأركز على الجزر التي أعيش فيها لأنها توفر تاريخا ومثالا لاستجابة الإنسان للتهديد الذي، على الرغم من أنه كان أقل شدة بكثير من الاحترار العالمي، كان كافيا لجعل البقاء أمرا ضروريا. كان هذا بالنسبة إلى هذه الجزر هو الحرب العالمية الثانية العام 1939، والتي كانت بالتأكيد خطرا أكيدا لتحريض الاستجابة التي نريدها الآن. ودعني أخبركم كيف اختبرت شخصيا بدايتها عندما كنت في العشرين من العمر.

يمتد الطريق على حافة حقول القمح المحصودة منذ وقت قريب لمحاصيلها، ويمضي بين تشيلسفيلد وأوربنغتون على بعد 14 ميلا إلى الجنوب الشرقي من مركز لندن. وبينما كنت أسير فيه في سبتمبر العام 1939 كانت ضواحي لندن قد امتدت إلى الريف. بدت الحقول تعبة كما لو كانت على وشك الكف عن اللعب والاعتزال إلى الأبد تحت محصول دائم من البيوت المعزولة جزئيا، والموزعة من ملاكها الجدد، المطورين. لكن جزعي على تخريب مقاطعة «كنت» الريفية تأثر بصورة فجة عندما امتلأ الهواء فجأة ولدهشتي بصوت صافرات الإنذار التي تحذر من غارة جوية. تابعت المسير متسائلا إن كانت السماء ستمتلئ بعد وقت قريب بالقاذفات لكن صافرات الإنذار أشارت فجأة إلى نهاية الإنذار. وبذا تكون الحرب العالمية الثانية قد بدأت بإنذار كاذب، وفي الحقيقة فبالنسبة إلى الحرب لم يحدث الشيء الكثير على الأراضي البريطانية إلا بعد مضي تسعة أشهر

أخرى. ويبدو أن هناك تشابها قريبا بين الحوادث ومشاعرنا في ذلك الوقت وبينها الآن. لم أكن نموذجا لرجل الشارع العادي، لكنني كنت قريبا من ذلك، شاب يمشي على درب وهو متأكد تماما أن الحرب الحقيقية ستبدأ قريبا، على الرغم من أنه لازال هناك منكرون لذلك من بينهم خبراء وسياسيون.

وبعد سبعين عاما تشعرني الأحداث التي تجري الآن في مناطق نائية، مثل ذوبان جليد القطب الشمالي، وانهيار صفائح الجليد في قارة القطب الجنوبي، والجفاف والمجاعات التي تجتاح أفريقيا والعاصفة الاستوائية الهوجاء، من حين إلى آخر بالقلق ذاته الذي أشعرتني به الحرب في إسبانيا واقتحام بوهيميا في ثلاثينيات القرن الماضي. وأشعر بطريقة ما بأن دورنا سيحين قريبا، لكنني أستمر في عملي ومتعتي كالمعتاد، وربما أضع سخانا شمسيا على سطح المنزل، كما حفرنا خنادق الوقاية من الغارات الجوية في حدائقنا في ذلك الوقت. قام والدي في العام 1938، على الرغم من أنه كان متقاعدا وفي أواخر الستينيات من العمر، بحفر ملجأ كبير بعمق أربعين قدما تحت الحديقة وبنى غرفة من الإسمنت تحت المنزل ومداخل على طرفي البيت. بدأ الحفر العام 1938 وأنهى المهمة قبل أن تبدأ الحرب. كم هو غريب أنه عندما تهددنا الحرب يحضر الناس بصورة غريزية للأسوأ، وغالبا بإجراءات لا فائدة منها، بينما يحضر ممثلونا المنتخبون وموظفونا الذين يساعدونهم بدلا من ذلك للحرب السابقة ببناء السفن الحربية وتشييد التحصينات مثل خط ماجينو (*).

تساعد غايا أولئك الذين يساعدون أنفسهم. لم يكن كافيا العام 1939 أن تحفر ملجأ خاصا ضد الغارات الجوية، ولا يكفي الآن أن تركع وتقوم بإشارات صغيرة صديقة للبيئة، ولا أن تضع توربينات الرياح وألواح الطاقة الشمسية على سطح البيت لتعويض إمدادات الطاقة، ولا أن تعقد اللقاءات أمام ذلك الرمز الديني العظيم الدوار،

(*) خط من التحصينات الدفاعية التي بنيت قبل الحرب العالمية الثانية لحماية حدود فرنسا الشرقية، بيد أنه فشل فشلا ذريعا، إذ تمكن الغزاة الألمان من تجاوزه بسهولة. والاسم نسبة إلى أندريه ماجينو وزير الحرب الفرنسي آنذاك [المحررة].

تلك التوربينة الريحية البيضاء العملاقة، وأن تنشد الأهازيج حول خلاص العالم. ليس من الواجب أن نحافظ على بقائنا فقط ولكن يجب أن نبقى متحضرين أيضا، وألا ننحدر إلى حكم العصابات حيث يقدم زعماء العصابات أنفسهم على أنهم أمراء حرب. ومن أجل هذا علينا أن نتخذ إجراء محليا فعالا الآن. وفوق كل شيء علينا أن نؤمن إمداداتنا من الغذاء واللباس، وإذا تابعنا حياة المدن، من الطاقة أيضا. إن هذه الجزر على الرغم من أنها من المناطق القليلة في العالم الأقل تأثرا بالاحترار العالمي، هي في الوقت ذاته بين الأقل وفرة بالغذاء والطاقة. لقد اعتدنا في بريطانيا على إمداد وفير من الغذاء من الخارج بحيث نسينا أننا تعرضنا للمجاعة تقريبا في الحرب العالمية الثانية، عندما كانت إمدادات الغذاء نادرة. لدينا مصادر محلية من الوقود لكنها تتناقص بسرعة. وتتنافس الأراضي المتاحة للزراعة مع بناء المساكن والصناعة، وما لم نتصرف بسرعة فإن المزيد منها سيتعطل مع زيادة الأعداد التي تقطن بلدنا الصغير باستمرار.

إن الولايات المتحدة وكندا أقل تعرضا لعواقب التغير المناخي من معظم دول العالم. ويعود ذلك إلى أنهما أقل كثافة بالسكان نسبيا، حيث تبلغ كثافة السكان فيهما 12 في المائة فقط من كثافتها في أوروبا، ولديهما إمدادات محلية غير محدودة تقريبا من الطاقة، إذا أدخلت الطاقة الشمسية الحرارية في الحسبان. وهناك أيضا الأراضي الباردة في الشمال التي يمكن لكثير من الناس أن ينتقل إليها إذا أصبح الجنوب غير قابل للسكن.

وكما حصل في أربعينيات القرن الماضي حيث تخلى سكان الدول الأغنى في العالم بشكل كبير عن نمط الحياة الهانئ في زمن السلم، فقد يشعرون قريبا جدا بالغنى بربع ما يستهلكونه الآن فقط. وإذا فعلوا ذلك بشكل صحيح وبحماس فلن تبدو المرحلة فترة بائسة من الحرمان، ولكنها ستبدو كما كانت في الأربعينيات فرصة لإنقاذ أنفسهم. وبالنسبة إلى الشباب ستكون الحياة حافلة بالفرص للخدمة والإبداع، وسيكون

لهم هدف للعيش من أجله. وستكون أقسى بكثير بالنسبة إلى كبار السن ولكنها لن تكون كئيبة. ومهما حدث فستكون حياتهم تغييرا مهما عن تفاهات حياة المدينة الآن.

لقد استرجعت ذكرياتي عن المملكة المتحدة منذ سبعين عاما تقريبا. ولن يقدم المشاركون الآخرون في الحرب العالمية الثانية في ألمانيا وروسيا دليلا جيدا كهذا، لأن دورة الانتصارات والهزائم بالنسبة إليهم أثرت بشكل عميق في مقدار تحكمهم في مصيرهم. بالتأكيد تحملت الدول المحتلة في أوروبا الشدة والعوز، لكنها لم تكن بأي حال سيدة نفسها، وبالتالي فهي لا تقدم مقارنة جيدة بين ذلك الوقت والآن. كانت الولايات المتحدة بالطبع متورطة بعمق، لكن الحوادث والعوز في داخلها كانا أقل ولمدة أقصر. وربما كانت اليابان هي الأقرب لتجربة المملكة المتحدة، وسيكون من المفيد الحصول على مقارنة للحياة فيها في أثناء الحرب والآن.

لذا دعنا نحاول تصور ما ستكون عليه الحياة بالنسبة إلى عائلة عادية تعيش في مدينة ألباني، التي تبعد نحو 150 ميلا عن نيويورك، العام 2030. افترض أن نماذج الـ IPCC تتنبأ بمسار الأحداث كما هو موضح في الشكل «3-1»، لكن اعتبر أنها قد تكون أقل تقديرا. إن ارتفاع درجة الحرارة المتنبأ به هو 3 درجات، وارتفاع مستوى سطح البحر 4.5 بوصة. لن تلحظ هذه العائلة أي تغير، وعلى الأخص أنه كان لديها 20 عاما لتتأقلم. في الحرب هناك فترات هادئة طويلة ثم عنف مفاجئ ورعب، وقد يكون هذا هو الحال بالنسبة إلى التغير المناخي. ربما فاض نهر هدسون بشكل خطير في فترات قليلة من هطول الأمطار الشديد، لكن البحر لم يطغ على الوادي حتى الآن على شكل مد خليجي. وستكون الأشياء الأكثر ملاحظة هي الركود والعوز وثمن الغذاء والطاقة. ولو فشلت أمريكا في التخلي عن ولعها بالطاقة المتجددة وفي التزود بالإمدادات الكافية من الطاقة النووية والشمسية الحرارية، فستكون الكهرباء مكلفة بشكل مدمر وماكر، وسيتوطن انقطاع التيار الكهربائي، وستشكو العائلة، لكنها ستتدبر

أمرهـــا بطريقة مـــا. لكن معظـــم العالم، بما في ذلـــك الولايات في الغرب الأوســـط من أمريكا، ســـتتحول إلى منطقة مهجورة وصحراء وجفـــاف، وستســـيطر المجاعة علـــى الأرض التي كانـــت فيما مضى خصبة. وســـتصبح حـــرارة الصيف لا تطاق على الرغم من انتشـــار أجهزة التكييف. وســـينخفض إنتـــاج العالم من الغـــذاء لأن الحرارة والجفاف يجعلان نموه أصعب بكثير. وســـتخفف المشـــاريع الضخمة للري باســـتخدام تحلية مياه البحر بعض الخسارة، ولكن بتكلفة كبيرة من الطاقة. وسيستمر تدفق لاجئي المناخ حيث يستقر عدد كبير منهم في معسكرات ضخمة ربما بالقرب من تجمعات مماثلة لهم عرقيا من مهاجرين سابقين.

افتـــرض أن هذه هي الصورة الصحيحة تقريبا لمســـار الأحداث لو تركناهـــا تحدث. لكن ماذا لـــو أدركنا في وقت ما في الســـنين القليلة المقبلـــة، كما فعلنا في الأربعينيات، أنه يجب وقف الديموقراطية مؤقتا، وأن علينا أن نقبل نظاما صارما يرى بلدنا على أنه ملاذ شـــرعي، لكنه محـــدود، للحضارة. ربما أكرهنا على ذلـــك بحوادث طقس عنيفة مثل سلسلة من الأعاصير بشدة إعصار كاترينا. وربما كان هذا كافيا ليجلب إلى المقدمة زعيما يهيج خطابه الأمة لبذل الجهد اللازم للتكيف بشكل صحيح مع التغير، بدلا من مجرد ترقيع المشاكل بطريقة غير مترابطة. إن البقاء المنظم يتطلب درجة غير عادية من الفهم الإنســـاني والقيادة، وربمـــا يتطلب - كما في الحرب - تعليق الحكومة الديموقراطية طيلة حالـــة البقاء الطارئـــة. إن القيادة الصالحة ضرورية، وربما ســـيصعد الرئيس أوباما ليملأ هذا الدور ويلهم زعماء الشـــعوب الأخرى ليقوموا بالشيء نفسه.

أظـــن أن عمـــلا فعـــالا للحفاظ علـــى مجتمعات ناجيـــة يأتي من التجانـــس الوطنـــي الداخلي، ومن زعامة نادرة وليـــس من نوايا دولية طيبة. وبالحظ الحسن سيطبق الشيء ذاته في أماكن أخرى من العالم. وســـيكون هناك وقت كاف للعالمية خلال فترة اســـتقرار العصر الحار الطويل. ليس لدينا خيار سوى أن نستغل الأفضل من التجانس الوطني

ونقبل أن الحرب وأمراء الحرب هم جزء منه. وبالنسبة إلى ملاجئ على شكل جزر فإن وجود قوة دفاع فعالة ضروري، كما هي حال أنظمة المناعة لدينا. وسواء أحببت ذلك أو لا، فقد نضطر إلى زيادة حجم قواتنا المسلحة والإنفاق عليها. وربما سيكون الجيل الثاني من العلماء والمهندسين أكفاء، وسيخدمون الأرض كما يخدمنا الأطباء العامون في مجال الطب. وفي أيام الحرب دربت الكلاب القديمة بسرعة على حيل جديدة. وستسيطر الكوارث البيئية الحقيقية على المواضيع السياسية وتزيح العديد من الأفكار الخاطئة التي تعيق التغيير. وكما في الحرب، يمكن أن يكون هناك تطبيق سريع لتقانة حديثة لحل مشاكل المناخ والبقاء. إنني آمل أن تعمل، ولكنني لا أعتقد أن البشر – كنوع – أذكياء بما يكفي لمعالجة الأزمة البيئية المقبلة، وأخشى أنهم سينفقون جهودهم في محاولة الحد من الاحترار العالمي، بدلا من محاولة التأقلم والبقاء في عالم حار جديد. لذا دعنا نبرهن على أن غاريت هاردن على خطأ عندما صرح بتشاؤم العام 1968 بأن ظروفنا مأساوية حقا، لأنه في المأساة ليس هناك مهرب. يمكننا أن نبرهن على أنه على خطأ بالاستمرار في البقاء.

لأنني طاعن في السن، أفكر غالبا في غايا كما لو كانت سيدة عجوز في مثل عمري. يمكنني مسبقا أن أسمع زملاء بيكسنيفيين يتذمرون(*)، «ها أنت تفعلها مرة أخرى – تؤنسن الأرض – وتتحدث عنها كما لو كانت كائنا حيا»، لكنني أقول لهم «لو لم تكن حية فكيف تموت إذن؟ وستموت حتما عندما تصبح حرارة الشمس أقوى من القدرة على التحمل». ويرى البعض منا ممن فكروا في الأمر أن فترة حياتها تمتد إلى أقل من 500 مليون سنة من الآن. يبدو هذا طويلا ولكن بما أنها الآن في عمر 3.5 مليار سنة فقد عاشت مسبقا نحو 88 في المائة من عمرها. ولو تمكنت أن أعيش إلى سن المائة عام، فإنني وأنا في سن التاسعة والثمانين الذي أكتب فيه في سن غايا النسبي.

(*) Pecksniffion: بمعنى منافق أو متزلف، نسبة إلى سيث بيكسنيف، إحدى شخصيات رواية «مارتين تشزلويت» (1843) لتشارلز ديكنز [المحررة].

يمكن أن تأتي نهايتي بسهولة من النتيجة المأساوية لمرض كالإنفلونزا الـــذي كان لا يعنـــي أكثر من الامتناع عن العمل لعـــدة أيام عندما كنت شابا. وهذا هو الأمر بالنسبة إلى غايا: بالنسبة إليها فإنها مهددة دوما بصواريخ كونية على شـــكل مذنبات أو كويكبات. لقد صدم آخر كويكب منها الأرض منذ 65 مليون عام وســـبب خرابا مدمرا. ولو ضرب واحد منها الأرض عندما يبلغ عمرها 4 مليارات ســـنة، فستكون هذه الضربة مع الحرارة الزائدة من الشمس أكبر من قدرتها على التحمل، وسينتهي النظـــام العظيم الذي حافظ على تيار الحياة الرئيس على الأرض أكثر من ربع عمر الكون. وبالطبع كما هي الحال بالنســـبة إلى جثتي عندما أموت، ستستمر البكتريا والخلايا في الحياة فترة قصيرة، لكن الكوكب الميت لن يتمكن من الحفاظ على بيئة مناسبة للحياة.

إنني سعيد لأنني لا أملك أي فكرة عن نهايتي، ولذا كل ما يمكن أن يقال بالنســـبة إلى غايا الآن هـــو أن الكواكب الهرمة، كالناس الهرمين، معرضة للموت بســـبب أمراض يمكن للشباب الأقوياء أن يتغلبوا عليها. إن مهمتنا – كنوع ذكي – هي المحافظة على بقائنا، ولو أمكننا أن نتطور بحيث نصبح ذكاء متكاملا ضمن غايا فإن في إمكاننا عندها البقاء معا لفترة أطول.



4

مصادر الطاقة والغذاء

«إننا نفشل في الترحيب بالطاقة النووية على أنها مصدر الطاقة الجيد والموثوق به، لأننا ضُلِّلنا سابقا بشكل خطير بسلسلة من الأكاذيب»

المؤلف

ظهر تغيران مهمان في مصادرنا من الطاقة في المستقبل بعد بدء تأليف هذا الكتاب العام 2008. كان التغير هو فكرة الجمهور العام حول الطاقة النووية والإدراك أن الطاقة الشمسية الحرارية هي أفضل خيارات الطاقات «المتجددة» للمستقبل. وحتى يبدو أنه من الممكن باستخدامهما معا أن نخفض بشدة من اعتمادنا على الوقود الأحفوري على الرغم من أن الجزء الأكبر من الطاقة التي نستخدمها ستظل من حرق الوقود الأحفوري لعقد من السنين من الآن على الأقل، وهذا محتم لأسباب عملية وسياسية لأن استبدال مصدر طاقي على المستوى العالمي يستغرق عقدا على

الأقل حتى مع الدعم، ومن غير المحتمل أن يكون هناك تناقص ملحوظ في استخدام الوقود الأحفوري قبل أن يترسخ هذان البديلان. وليس فقط لأن محطات الطاقة تحتاج إلى وقت لاستبدالها، لكن أيضا لأن خطوط نقل التيار لمسافات بعيدة تحتاج إلى تركيب بالنسبة إلى الطاقة الشمسية الحرارية القادمة إلى أوروبا من جنوب إسبانيا أو الصحارى. وفي الولايات المتحدة حيث توجد مساحات شاسعة من الصحارى المشمسة في الولايات الجنوبية، فإن الطاقة الشمسية الحرارية أكثر جاذبية. ومن الصعب أيضا استبدال بعض خصائص استخدام الوقود الأحفوري، وعلى سبيل المثال يقدم الوقود السائل والغاز بضغط منخفض تدفقات كبيرة من الطاقة في وقت قصير جدا. فعندما تسحب عشرة غالونات من الوقود إلى خزان سيارتك فإن الـ 60 ثانية التي يستغرقها تدفق الوقود تعادل الإنتاج الكامل لمحطة طاقة باستطاعة 25 ميغاواط، ولا يمكن شحن أي بطارية أو مكثفة فائقة بمثل هذه السرعة، كما لا يمكننا إلى الآن تخيل طائرة ركاب لمسافات طويلة مدفوعة بالبطاريات. من الصحيح أنه يمكن تخليق الوقود السائل من غاز ثاني أكسيد الكربون باستخدام الكهرباء من الطاقة النووية أو الشمسية، ولكن يجب الانتظار لتصبح مصادر الطاقة هذه راسخة جيدا.

وعند مقارنة مصادر الطاقة يفترض عادة أنها تستخدم لإنتاج الكهرباء. ويتجاهل هذا الأمر الاستخدام المعتبر لطاقة الوقود الأحفوري في الصناعة والتدفئة في الشتاء. وحاليا فإن مصادر الطاقة الرئيسة هي: استهلاك الوقود الأحفوري والطاقة النووية والطاقة من المياه المتدفقة. ولم يؤثر أي من مصادر «الطاقة المتجددة» المحبوبة إلى الآن بشكل مهم في الموارد، ومن هذه لا توجد فرصة سوى للطاقة الشمسية لتقدم الطاقة في الوقت المناسب لتعديل التغير المناخي. هناك أمل كبير في طاقة الأمواج والمد والجزر، لكن من غير المحتمل أن تقدم المطلوب خلال العقدين القادمين. وفي بعض المناطق، مثل سهول الوسط الغربي للولايات المتحدة، ربما تصبح طاقة الرياح مصدرا ثانويا لكنه معتبر، كما يمكن أن يتم ذلك في أماكن تهب فيها الرياح التجارية بشكل دائم.

في الوقت الحاضر يعيق تقطع الإمداد طاقة الرياح، لكن هذه العقبة ستكون أقل لو استخدمت الطاقة لتحلية الماء من البحر واستخدامه للري ولضخ الماء من أراض مغمورة بالمياه. وفي أوروبا هناك اندفاع لتركيب محطات ريحية ضخمة قريبة من الشاطئ. ومن الصعب تصور كيف يمكنها أن تولد كهرباء موثوقا فيها واقتصادية. أظن أن الاندفاع نحو طاقة الرياح مدفوع أكثر بدعم مؤسس عقائديا بدلا من التفكير العقلاني، ولو امتد الانكماش الاقتصادي القادم فستكون عبئا غير مرغوب فيه. وعلى جزرنا الصغيرة والمزدحمة، فإن طاقة الرياح ليست خيارا منطقيا على الإطلاق بسبب المساحات الهائلة اللازمة لجمع ولو كمية صغيرة متذبذبة من الكهرباء، لأن كل فدان من الأرض سيلزم عما قريب لإنتاج الغذاء وللاستمتاع بالحياة. يمكن للخلايا الفولطائية الشمسية البسيطة بالنسبة إلى الدول النامية أن تجمع أشعة الشمس خلال النهار وأن تخزنها على شكل كهرباء في بطاريات قابلة للشحن، وتزود الطاقة للإضاءة والاتصالات، ستغني مثل هذه التجهيزات ذات التكلفة المنخفضة حياة أولئك الذين يعيشون في مناطق استوائية. إن طاقة المد والجزر مجربة جيدا ولكنها محدودة لمواقع ملائمة مثل مصب سيفيرن في بريطانيا وخليج فاندي في شرقي كندا.

من السهل نظريا تحسين استخدامنا للطاقة بتجنب الهدر، لكن من الصعب عمليا فعل ذلك في أيام الوفرة، وليست هناك حتى الآن الإرادة لفعل ذلك. يمكن فعل الكثير لتقليل حرق الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة بتطويرات تقنية بسيطة، وآمل أن يشجع اقتصادنا المتناقص الحالي ذلك. لماذا على سبيل المثال استغرق وقت طويل لصانعي مصابيح الإنارة للتحول من مصابيح الشريط الحراري غير الكفؤ إلى الديودات المصدرة للضوء LED، أو لصانعي السيارات للتحول من وحوش شرهة للطاقة إلى سيارات صغيرة لكنها ملائمة أقل ابتلاعا للوقود بثلاث مرات أو أكثر. من السهل إلقاء اللوم على صانعي السيارات، لكننا نحن الذين نشتري منتجاتهم ونستخدمها نتشارك في نصف اللوم على الأقل. وكالعادة تفترض أوروبا وأمريكا

الشمالية أن المشكلة وحلها يقعان على عاتقها فقط، لكن في الحقيقة بدأ العالم النامي والمستهلكون الجدد في الهند والصين وقريبا في أمريكا الجنوبية بالسيطرة على إنتاج الطاقة واستخدامها. وبطريقة مماثلة ومضللة نفترض أن وجود الإنسان على الأرض هو المهم، ومع ذلك فعند اعتبار الطاقة واستخدامنا لها علينا ألا ننسى أبدا أن التدفق الطبيعي للطاقة وكتلك الغازات الرئيسة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون من الغلاف الحيوي هي تقريبا أكبر بـ 20 مرة من إصداراتنا كلها وهي تتغير مع ارتفاع درجة حرارة الأرض.

نحن مشدوهون بالكربون، وعندما نتكلم ونفكر حول إساءتنا للأرض نركز بشكل كامل تقريبا على إصداراتنا من غازات الدفيئة من النقل والصناعة ومن التدفئة المنزلية والتكييف، ونحاول إقناع أنفسنا بأننا لو حسنا قليلا من بصمتنا الكربونية فسيكون كل شيء على ما يرام مرة أخرى، ويمكن للعمل أن يستمر كالمعتاد. وفي الحقيقة فإن أعدادا متزايدة من البشر تزيد أعداد قطعان الماشية ومساحة الأرض التي نستخدمها لأنفسنا. من الصحيح أن إصدارات العالم الكلية من المنازل والصناعة المقدرة بنحو 30 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنويا كبيرة جدا، لكن كذلك هي عواقب الأعداد الكبيرة من الناس المتزاحمين على الأرض مع الغابات الطبيعية في العالم.

الطاقة الشمسية

ترسل الشمس 1.35 كيلوواط من الطاقة لكل متر مربع من الأرض التي تسطع فوقها مباشرة. وتتلقى مساحة من الأرض الصحراوية في الجنوب الغربي من الولايات المتحدة بمساحة 10 آلاف كيلو متر مربع (3600 ميل مربع) طاقة شمسية وحرارة كافية لدفع مولدات بخار يمكنها أن تزود احتياجات الولايات المتحدة كلها من الكهرباء. وقد اعتبرت فكرة مماثلة من قبل الاتحاد الأوروبي باستخدام الصحراء الكبرى أو حتى جنوب إسبانيا كموقع لمحطات الطاقة الشمسية الحرارية.

ومن المهم التمييز بين الطريقتين الرئيستين لتحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى كهرباء - الخلايا الشمسية الفولطائية والطاقة الحرارية الشمسية. يمكن تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء عن طريق الخلايا الشمسية الفولطائية - أنصاف نواقل تمتص الضوء وتقدم تيارا كهربائيا للأسلاك الموصولة إلى الخلية، وهذه طريقة عملية مؤسسة جيدا لتزويد الكهرباء لمركبات الفضاء والأقمار الاصطناعية. إن المادة المستخدمة عادة هي السيليكون، إما على شكل بلورة وحيدة غالية الثمن للعنصر، أو بشكل أرخص ولكن أقل كفاءة على شكل سيليكون أمورفي غير متبلور. تتراوح كفاءة التحويل لإنتاج الكهرباء من أشعة الشمس بين 10 و20 في المائة. وفي السنوات القليلة السابقة جربت بدائل أكفأ من السيليكون. وهي مبنية عادة على بعض العناصر النادرة والغالية خصوصا الفاليوم، والانديوم، والسيلينيوم، والتيللوريوم، والزرنيخ، والكادميوم. بلغت الكفاءة الأعلى التي تم الوصول إليها نحو 30 في المائة، لكن في ظروف مخبرية فقط. وحديثا جربت أنصاف نواقل مصنوعة من مركبات كربونية بوليميرية. وحتى الآن فإن الخلايا الفولطائية الشمسية ليست مرشحا جديا اقتصاديا لتجهيزات ضخمة تؤمن حملا كهربائيا رئيسا، لكنها واعدة بتطور أكبر، ولها قيمة هائلة في الاستخدامات الصغيرة مثل شحن بطاريات الأجهزة المحمولة.

بالنسبة إلى الطاقة الشمسية الحرارية، تجمع أشعة الشمس التي تسقط من دون انقطاع على صحراء دائمة كإشعاع حراري وتستخدم لتوليد الكهرباء. وفي إحدى الطرق التي طورت لأول مرة في أستراليا تركز مجموعة من المرايا الطويلة المسطحة بسطوح محززة على أنبوب طويل معلق فوقها يعمل كغلاية أو مسخن فائق. ويستخدم البخار المولد مباشرة لدفع توربينات بخارية تقليدية. ويعدل غياب الإشعاع الشمسي في الليل باستخدام مجمعات بخار - اختراع من القرن التاسع عشر - تستطيع تخزين كمية كافية من الطاقة لتحافظ على تشغيل التوربينات لساعات بعد غياب الشمس (وصفت تفاصيل محطات

الطاقة الشمسية هذه في مجلة العلوم الأمريكية العام 2008). إن التطويرات التقنية الحديثة في الأسلاك القادرة على حمل كميات كبيرة من الكهرباء لآلاف الأميال تعني أنه يمكن وضع محطات الطاقة على مسافات أبعد من المستهلكين. وكمثال على ذلك فإن الطاقة الناتجة عن محطتي طاقة نووية تتدفق الآن من فرنسا إلى بريطانيا عبر الأسلاك التي تمتد فوق قاع القناة الإنجليزية. ويمكن لهذه الأسلاك أن تعمل بجهد يقرب من مليون فولط، وأن تستخدم التيار المستمر بدلا من التيار المتناوب المحمول من الأبراج للإمدادات الحالية. تكلف الأسلاك الرئيسة الجديدة نحو مليون دولار لكل ميل، وليس هذا كثيرا في إطار تزويد الطاقة على المجال القاري. وعلى نقيض العديد من اقتراحات الطاقة المتجددة فإن هذا المصدر من الطاقة ليس خياليا. فعناصره الرئيسة موجودة منذ مدة ومجربة - تعمل محطات الطاقة الشمسية النموذجية في أريزونا وتبدو الحسابات جيدة - دعنا نأمل أن يكون هذا هو مصدر الطاقة العملي الكبير التالي الذي يمكننا استخدامه، لكن الكثير يعتمد على سرعة تطبيقه، ولو استغرق ذلك عشرين سنة أو أكثر فسيكون الوقت متأخرا جدا. في هذه الأثناء، فإن تناقص طاقة الوقود الأحفوري، وتصاعد طاقة الانشطار النووي يمكن أن يملأ الفجوة.

الطاقة النووية

يجب أن نعتبر الطاقة النووية شيئا يمكن الحصول عليه خلال خمس سنوات، ويمكنه أن يكفينا خلال الأوقات العصيبة القادمة عندما يتغير المناخ ويحصل عوز في الغذاء والوقود وتغيرات كبيرة في السكان. من السهل أن ننسى أن مصادر الطاقة البديلة الجديدة الواعدة مثل الطاقة الشمسية الحرارية ليست متوافرة حتى الآن. إن الاعتراض الرئيس على بناء فوري لإمدادات الطاقة النووية هو تشريع غير ملائم وضع من قبل إدارات سابقة وخوف لا مبرر له.

هنــاك الآن أكثر من 442 محطــة طاقة نووية فــي العالم تنتج مجتمعــة 17 في المائة مــن كل الكهرباء المســتهلكة، بالمقارنة مع 2 في المائة من الطاقات المتجددة، ومعظمها كهرومائية. ويجعل ســجل الأمــان والتكلفــة والقبول المحلــي هذه المحطات الانشــطارية أكثر مصادر الطاقة قبولا، فلماذا نســتمر في الخطــأ بالقول في العالم الأول إنها خطرة بامتياز؟

أعتقد أننا نفشــل في الترحيب بالطاقة النووية على أنها مصدر الطاقة الجيد والموثوق به لأننا ضللنا مســبقا بشــكل خطير بسلسلة من الأكاذيــب. لقد بني الخطأ على الخطأ، وكرر من دون تفكير من قبل وســائل الإعــلام حتى أصبح الاعتقاد في الشر الملازم لكل ما هو نــووي جزءا من رد فعلنــا الغريزي. وســأعرض هنا بعض هذه الأكاذيب ودحضها:

تصـدر الطاقـة النوويـة كميات كبيـرة من ثاني أكسـيد الكربـون وبالتالي فهي ملوثة مثل حـرق الوقود الأحفوري.

هذا هـراء: فمحطة الطاقــة النووية وهي تعمل لا تصدر ثاني أكسيد الكربون على الإطلاق. وتصدر كمية صغيرة في أثناء نقل الوقود إلى المحطة، وترحيل النفايات منها، وهذا مســجل في الجدول «4-1» الذي يعطي إصدارات غــاز ثاني أكســيد الكربــون بالرطل وزنا لكل ســاعة/ ميغاواط من الكهرباء.

ومقارنــة مع الطرق الأخرى فمن النــادر أن تكون الطاقة النووية وســخة، ويتضمــن الرقم المعطى الإصــدارات جميعهــا خلال فترة التشغيل بكاملها، آخذين في الاعتبار عمليات تعدين الخام ومعالجته وتفكيــك المحطــة والتخلص من النفايات. ولا يتضمــن الرقم لطاقة الريــاح الإنتاج الضخم من ثاني أكســيد الكربــون (825 رطلا لكل ســاعة/ميغاواط) من المحطة الداعمة الضرورية عندما تكون الرياح قوية جدا أو ضعيفة جدا.

الجدول «1-4»

تقريـــر الوحدة الحكومية البريطانيـــة لدعم تقانة الطاقة حول إصدار ثاني أكســـيد الكربون بالرطل لكل ساعة ميغاواط من الطاقة الناتجة عن محطات الطاقة.

النووية	8.8
الرياح	17.6
محطات مائية كبيرة	17.6
محاصيل الطاقة	37.4
حرارة جوفية	173.8
خلايا فولطائية	292.6
غاز	946.0
ديزل	1698.0
نفط	1822.0
فحم حجري	2101.0

غالبـا مـا يقال إن النفايات النووية مميتة بشـــكل لا مثيل له وأنها تبقى لملايين الســـنين وتســـمم البيئـــة العالمية. إن أنـــواع التلوث مـــن العناصر الكيميائيـــة جميعهـــا تبقى، التلوث بالرصاص مـــن منجم أو فرن صهر أو مصنع حيث يصنع لأشـــياء للتجارة يبقى للأبد، والشـــيء نفســـه صحيح بالنســـبة إلى الزئبق والزرنيخ والكادميوم والثاليوم: فهذه العناصر السامة باقية معنا للأبد. إن الشـــيء المهم بالنســـبة إلى النفايات النووية هو أنها تتحلل. وخلال ستمائة عام تصبح النفايات ذات المستوى العالي الناتجة من محطة طاقة نووية ليســـت أكثر إشعاعا أو خطرا من خام اليورانيوم الذي أتـــت منه. والأهم من ذلك بكثيـــر هو أنه لا توجد كمية مهمة من النفايات لتبعث على القلق. فالإنتاج الســـنوي من النفايـــات من محطة طاقة نووية بقدرة ألف ميغاواط كاف لملء سيارة متوسطة الحجم.

قارن بين الكمية الصغيرة من النفايات النووية التي يمكن دفنها بسهولة بجبل بارتفاع ميل وبقطر 12 ميلا في القاعدة من ثاني أكسيد الكربون المجمد التي ينتجها العالم كل يوم. إن النفايات النووية مشكلة دفن ثانوية لكن فضلات ثاني أكسيد الكربون ستقتلنا جميعا لو تابعنا إصدارها.

يقول معارضو الطاقة النووية إن هناك عوزا في إمدادات اليورانيوم. لكن هذا مجرد هراء. فاليورانيوم ليس عنصرا نادرا، وحتى لو كانت كلفته مساوية للذهب فإن هذا لن يؤثر كثيرا في سعر الكهرباء المنتجة في محطة طاقة نووية حديثة.

والزعم الباطل الآخر هو الادعاء بأن الانبعاثات من محطات الطاقة النووية تمثل خطرا على الحياة والصحة. فالاشعاع النووي جزء طبيعي وعادي من بيئتنا. لقد نشأنا وأنواع الحياة جميعها معه. إن الانبعاثات التي نستنشقها من الصناعة النووية في العالم كله أقل بمئات المرات من غاز الرادون الذي نستنشقه كل يوم من أيام حياتنا. ويأتي الرادون بشكل طبيعي من الصخور والتربة.

هذه الأخطاء لن تكون مؤذية لولا أنها تنشر باستمرار وتضخم من فروع وسائط الإعلام جميعها. ويتم الكثير منها من دون قصد. وهنا مثال على ذلك من زاوية لكاتب مفضل لدي هو ماثيو باريس كتبه في مجلة إنجليزية أخيرا. لقد كتب يقول: «الطاقة النووية. إنها طريقة لتوليد الكهرباء تمثل خطرا مهما على الحياة والأعضاء مثل حوادث المرور (التي قتلت 3 آلاف شخص في بريطانيا العام الماضي)، لكن بدلا من أن تفعل ذلك من خلال حوادث صغيرة متكررة، فإنها تهدد بحادثة ضخمة لكنها نادرة. ولم يحدث أي منها أخيرا، وقد اختفت القضية من وعي الجمهور». إن وضع 3 ألاف ضحية كل عام من حوادث المرور مع الحوادث النووية يقترح عن غير قصد المقارنة بينهما. والحقيقة أن الوفيات من حوادث ذات منشأ نووي من الصناعة النووية في المملكة المتحدة العام 2007 كانت صفرا، وخلال الـ 50 عاما من عملها هنا كانت صفرا أيضا. من الصحيح أنه حصل حادث خطير في تشرنوبل في أوكرانيا منذ عشرين عاما قتل ما مجموعه 75 شخصا، معظمهم من رجال الإطفاء ورجال الإنقاذ الشجعان.

ثم حصل الحادث الصناعـي المكلف في محطة جزيرة ثري مايل حيث لم يتأذ ولا شـخص واحد ولكنها أرعبت البلد بكامله. وخلال خمسـين عاما من عمل محطات الطاقة النووية في العالم لم يمت أكثر من مائة شـخص مـن حوادثها. قارن بين هؤلاء وعشـرات الآلاف الذيـن ماتوا في صناعة النفط والفحم الحجري ومئات الآلاف الذين ماتوا من جراء صنع الطاقات المتجددة أو من عواقب استخدامها. نعم، طاقة الكهرباء المائية «متجددة»، لكن من يلاحظ كم هي خطرة إلى أن ينفجر أحد السدود؟

يعمـل القليل في الدعايـة لمجرد الهواية، إذن فمن يسـتفيد من هذه الدعايـة؟ إن وسـائل الإعلام تسـتفيد إلى حد ما، ولكني أكـرر أنها تتم عموما عن غير قصد. إن المستفيدين الرئيسين من الدعاية المعادية للطاقة النووية أشد شؤما من ذلك، لكن دعنا نعتبر وسائل الإعلام أولا.

كعالـم أصبح فيما بعد كاتبا، أعلم صعوبة كتابة زاوية جيدة أسـبوعيا لمدة عام. يسـتطيع معظمنا أن يتدبر الأمر لمدة أسابيع، ولكن الكتابة لعام تتطلـب مخيلة ذكية وصبـرا لايملكهما إلا القليل. ولابـد أن يكون كاتب الزاوية هو الأرستقراطي المدلل في وسائل الإعلام، مقارنة بالكتلة الكبيرة من الكتاب الذين يزودونها بالأخبار. وغالبا ما تسـاءلت عن توقع متوسط عمـر الصحافيين، فأولئك الذين قابلتهم بـدوا وهم يعملون تحت ظروف غيـر عادية من المعاناة. ولا يمكنني أن أتصور مهمة أصعب من الاضطرار إلى مقابلة أشـخاص غيـر راغبين ومعادين ثم كتابة هـذه المقابلة ضمن موعد محدد وإطاعة القيود السياسية والتحريرية، لذا من غير المستغرب أنه حتى الصحافيين الجيدين يقدرون قيمة قصة مسـلية يسـهل التعبير عنهـا، بصورة أفضل من الحقيقة الباهتـة غير الملهمة. وتتطلب القصص الجيدة مجموعة من الملائكة والشياطين، وفي الحرب، سواء كانت باردة أم حارة، يمكن وصف أشخاص مثل ستالين وهتلر بسهولة على أنهم شياطين، ويمكننـا أن نلعـب أمامهم دور الملائكـة. أما في الحـرب البيئية العالمية القادمـة، فالحقيقة هي أننا كلنا شـياطين، وليس هـذا دورا مقبولا لنا، وهو أقل قبولا بالنسـبة إلى كتاب القصـص. كان علينا أن **نخترع** ملائكة وشياطين جددا.

تدين جماعات الضغط البيئية والأحزاب السياسـية بوجودها للتدفق الـذي لا ينتهي للقصص الجيدة حول الكـوارث البيئية. كانت حادثة نهر سـايلانت سـبرنغ Silent Spring قصة تخويف عالمية كفؤة، بحيث يقال غالبـا إنها كانت سـبب إطلاق الحركـة البيئية الحديثـة. وكذلك، على المقياس المحلي، كان المسلسل التلفزيوني **الحياة الجيدة** The Good Life في السـبعينيات حيث اسـتطعنا نحن المشـاهدين أن نتوحد مع الجهود الملائكيـة الطيبة لزوجـين عاديين لكـي يصبحوا من الـ «خضر». كان الأشـرار المشتبه فيهم عادة هم: **النفط** الذي يلوث البحار ويقتل الطيور، و**الفحم** الذي كان لا بد من الحفـر للحصول عليه من قبل عمال المناجم المجهدين بالعمل والمبخوسـي الأجر، وكلاهما ناتجان لشـركات شـريرة متعددة الجنسـية تعمل من أجل الربح فقط. لقد نسينا دوما أو تجاهلنا أن صناعـة الفحم الحجري كانت لمعظم الوقت مؤممة، لذا فقد كنا نحن المالكين لهـذه الصناعة الملوثة والمسـتهلكين الذين سـببوا التلوث. وفي السـبعينيات وأوائل الثمانينيات كان الوقود الكربوني الأسود هو المعروف على أنه شرير، وليس ناتجه غير المرئي ثاني أكسيد الكربون. وأيضا فقد أهملنا مخاطر ثاني أكسـيد الكربون في ذلك الوقـت لأن عقول العلماء كانت ممتلئة تماما بالتهديد لطبقة الأوزون السـتراتوغرافية التي تسببها مركبات الكلوروفلورو كربون (CFC).

في ذلك الوقت، كانت الطاقة النووية تؤمن بشكل رخيص وآمن وموثوق بـه 30 في المائة من الكهرباء المسـتهلكة في بريطانيا، وكنا نولدها بهدوء فـي باحتنا الخلفية. لقد تطلب الأمر حادثا صناعيا متوسـط الحجم في محطة نووية سـوفييتية في تشـرنوبل في أوكرانيا لنشر القصة الفظيعة المعادية للطاقة النوويـة التي تملكت العالم منذ ذلك الوقت إلى الآن. لقد جرى الحادث، وهو انفجار البخار في مفاعل غير مستقر كان يمر بتجربة مخططة بشكل سيئ وغير حكيم. لقد كان الحادث المؤسف بكامله سلسلة مـن الخطـوات الخاطئة التي يمكـن أن تحدث فقط ضمن السياسـات الحكوميـة الفاسـدة للاتحاد السـوفييتي. لقـد كان الرجال الخمسـة والسبعين الذين ماتوا كلهم تقريبا إما عمالا من المحطة أو من أولئك الذين

استدعتهم الدولة لإزالة الحطام. لقد كان حادثا تافها مقارنة بالكارثة الصناعية في مدينة بوبال في الهند، حيث أطلق حادث في معمل لصنع المبيدات في الساعات الأولى من صباح الثالث من ديسمبر 1984 أربعين طنا من غاز آيزوسيانات الميثيل في هواء الليل. لقد انجرفت السحابة فوق المدينة وقتلت ثلاثة آلاف وثمانمائة شخص فورا وقتلت أكثر من ذلك بعدة مرات في الأسابيع اللاحقة. وعادة ما تذكر كارثة بوبال على أنها أسوأ كارثة صناعية في العالم، لكن ما عدد المرات التي يذكر فيها الإعلام هذه الحادثة مقارنة بالكارثة الأخف بكثير في تشرنوبل؟

في تشرنوبل اختلط الدخان من المفاعل المحترق مع كتلة الهواء المتحركة غربا نحو أوروبا. يمكن قياس الإشعاع بأجهزة حساسة جدا، ولذا لم يكن من الغريب أن تكتشف السحابة بعيدا حتى المملكة المتحدة. ولو أن الرياح هبت نحو الشرق فمن المحتمل أننا لم نكن لنضع كلمة تشرنوبل في قواميسنا، وكما هي الحال ضخمت وسائل الإعلام القصة حتى قامت الحكومات الخائفة من الاتهامات بالعجز بإجراءات غبية جدا. لقد عزل السويديون مجموعة ضخمة من حيوانات الرنة، وحظرنا نحن في المملكة المتحدة بيع لحم الأغنام من هضاب ويلز وأسكتلندا. وبرر الحظر والاستبعاد على أساس أن اللحم كان ملوثا بشكل خطير، على حين أنه كان مشبعا أكثر بعدة مرات فقط من اللحم العادي، وكان خطره ضئيلا على الصحة. أغلق الإيطاليون محطات الطاقة النووية لديهم، واقترح الألمان فعل الشيء نفسه. وحتى هيئة الإذاعة البريطانية أعلنت بجدية لسنوات بعد ذلك أن عشرات إن لم يكن مئات الآلاف من الناس سيموتون بسبب الإشعاع عبر أوروبا. لقد فشلت الاختبارات المكررة من فرق من الفيزيائيين من وكالات الأمم المتحدة في إيجاد أي دليل يدعم هذه النبوءات المتشائمة. واختار علماء الإشعاع الذين كان في إمكانهم تحدي هذا الهراء أن يبقوا صامتين. وعند اعتبار عواقب تشرنوبل، من المفيد التذكر أن التعرض للإشعاع لجميع من كانوا أحياء العام 1962 من تجارب القنابل الذرية كان أكبر بمئات المرات، وبالرغم من ذلك نعيش الآن أطول من أي وقت مضى.

دعنـــي أقدم مثــالا آخر عن المخــاوف الزائفة التي شـــاعت من دليل خرافي. أعيش مع زوجتي ســـاندي في جزء ناء من إنجلترا، وتمر أسلاك هاتفنا عبر حقول المزارعين على أعمدة لستة كيلومترات، وغالبا ما تتخرب في العواصف، ولا نســـتطيع الاتصال أو إرســـال البريـــد الإلكتروني بهذه الطريقة. عمليا يبقينا هاتفنا الخليوي بلاك بيري على اتصال. كم سيكون جنونا منا لو رفضنا فرصة التواصل هذه نتيجة خوفنا من الســـرطان من إشـــعاع الميكروويف للهاتف الخليوي. ولكن هـــذا ما يفعله أكثر من نصفنا وطنيا برفض الطاقة النووية على الأسس الواهية نفسها.

لست الوحيد الذي يقلق حول تكتم العلماء لرفض خطأ هذه الادعاءات المعاديـــة للطاقة النووية وعدم رغبتهم في الانخـــراط في القضية الأكبر، وهي بقاؤنا. وفي مقالة شـــهيرة بعنوان: «صمت العلماء وارتفاع مســـتوى ســـطح البحر»، نشرت في رســـائل البحث البيئي العام 2007 ذكر جيمس هانسن التعليق ذاته وهو أن تكتم العلماء منعهم من التحذير بخطر ارتفاع محتمل كبير في مســـتوى ســـطح البحر. إننا نحن العلمـــاء منطوون جدا على ذواتنـــا، ويبدو أننا وصلنا إلى حالة تطغى فيها نظرية أنيقة مدعومة بحسابات حاســـوبية أحيانا على الملاحظة والتجربة. ويبدو أننا أقل ميلا إلى اختبار أفكارنا ضمن العالم الواقعي، ولم نعد نبحث عن حكم الطبيعة مفضلين عليها حكم زملائنا من العلماء. ومثل أســـلافنا من الثيولوجيين، بدأنا ننتج الحقيقة في عالم افتراضي بدلا من أن نكتشفها.

مـــن الطبيعـــي أن تكـــون للناس في كل مـــكان علاقة حـــب - كره مع بيئتهـــم الطبيعية. إننا نود التمتع بمنتجات الصناعة، وأن نتمتع في الوقت ذاتـــه بالبيئة الطبيعية، ولكننا نتجاهل العواقب الســـيئة لإصدارنا الخفي واللامعقـــول من غازات الدفيئة. وأولئك منا الذين يعيشـــون في الولايات المتحدة لا يختلفون عنا في هذا الصدد. ومنذ عهد رواد مثل هنري ديفيد ثوريو وخصوصـــا آلدو ليوبولد، أدرك الأمريكيون قيمـــة القفار والبراري والحاجـــة إليها، وفي الوقت ذاته أخطـــار التقدم الصناعي غير المنضبط. لقد انقسمت البيئوية منذ البداية إلى قسمين رئيسين: الأول للحياة البرية وللريـــف، والثانـــي للصحة وجودة الحيـــاة في بيئة المدينة. كانت راشـــيل

كارسون من خلال كتابها «**النهر الصامت**» Silent Spring المنشور في العام 1962، الأولـــى التي ربطت بين الضرر الـــذي يلحق الطيور البرية والضرر على الناس في المدن بالتركيز على التأثيرات الســـيئة للاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية. لقد كانت الأولى التي جعلتنا ندرك تماما أن منتجات صناعاتنا وصلت إلى زيادة ملحوظة تهدد الحياة على مســـتوى العالم. لقد كان علمها ممتازا، لكن الاســـتنتاجات من قبل وســـائل الإعلام وجماعات الضغط البيئية بالغت جدا في تقدير الأخطار. وكما سأشـــرح في الفصل الثامـــن، حظر اســـتخدام المبيـــد DDT لأنه زعم مـــن دون دليل على أنه مسرطن للإنســـان. ومع ذلك اســـتخدم مركبا لقتل البعوض للتحكم بداء الملاريا وهو ينقذ مليونين من البشر كل عام، أغلبهم في أفريقيا. لقد اشتد القلق حول الأخطار من المواد الكيميائية مع زيادة حساســـية الأجهزة حتى أصبح من السهل تبيان وجود كميات مقاسة من المبيدات الكيميائية تتوزع في كل مكان على ســـطح الأرض. وينطبق الشيء ذاته على تحري الإشعاع النووي. إن لخوفنا من الطاقة النووية الأســـاس الخاطئ نفسه كخوفنا من المـــواد الكيميائية، وكمخترع لهذه الأجهزة فإننـــي أتحمل جزءا من اللوم. وللطاقة النووية حظ سيئ كذلك نتيجة ارتباطها بالأسلحة النووية.

قاد الاضطراب حول العواقـــب البيئية لإصداراتنا، إضافة إلى الدليل المحكي الخاطئ حول الضرر الذي تسببه، إلى بيئوية مدينية خائفة، حيث تغلغلت المواد الكيميائية الســـامة في كل بيت وباحة، وأدت إلى الاعتقاد أن كل شـــيء نووي، بما في ذلك الطاقة النووية لتوليد الكهرباء، ســـيئ وغير صحي ومذنب. لقد أصبح من الســـهل على وسائل الإعلام أن تستخدمها في حكاياتها. ولايملك أي حزب سياسي في أي مكان في العالم الشجاعة للموافقـــة تماما على أن الطاقة النووية أرخـــص مصدر للكهرباء وأكثرها أمنا ووثوقية وأفضلها للبيئة.

إذن من المســـتفيد من الدعاية ضد الطاقة النووية؟ تســـتطيع وسائل الإعلام عادة أن تشم فأرا بشكل أفضل من كلب صيد جائع، ولقد دهشت قليلا من أنها لم تتســـاءل أكثر حول اغتيال المنشـــق السوفييتي ليتفينيكو العام 2007 في لندن. لقد سمم بقسوة ببضع مئات من النانو غرامات من

العنصر المشـــع بولونيوم 210. وهو عنصر من عائلة الكبريت في الجدول الدوري يتغلغل بســـهولة في المواد الحيوية الكيميائية البسيطة التي تغذي خلايـــا أجســـادنا بحيث يجد طريقه فورا عند ابتلاعـــه نحو كل خلية في جســـمنا. لقد اختيرت الجرعة الســـامة من البولونيوم بعناية. كانت كافية لتســـبب تفكك نحو ســـبع ذرات بولونيوم في كل خلية في الضحية خلال الأيام القليلة من الحياة المتبقية له. وعند ابتلاعها يصدر البولونيوم ذرات الهيليوم التي تنتقل بجزء من ســـرعة الضوء وتخترق البنى الحيوية للخلية بحيث تكفي واحدة أو اثنتان منها عادة لقتل الخلية. وهي طريقة شـــريرة لقتل إنسان: موت بطيء معذب لا يمكن إيقافه. وهناك دليل كاف على أن عملاء الاغتيال كانوا من الروس، وقد ســـربت حاوية العنصر المشـــع كمية كافيـــة لتترك أثـــرا في الطائرة التي جلبت القاتل إلـــى لندن وإلى الفندق حيث أضيف السم إلى كأس شاي الضحية.

كـــم هي فرصـــة ضائعة من قبل صحافي ذي خيال واســـع، أو كاتب قصة مثيرة ليؤسس لمشهد في مكان ما في موسكو يحتوي على محترفين من وكالات الاســـتخبارات أو مؤسسات الطاقة. وسيشمل هذا الاجتماع القاتل، مع خبراء التسميم، والمديرين البيروقراطيين. ويقول شخص ما، «أنت تدرك أليس كذلك أن جرعة ســـامة من البولونيوم 210 ســـتكلف نحو 10 ملايين دولار؟ لماذا لا يستخدم الريســـين؟ إننا نعلم أن هذا سيكون سما موثوقا به ومخفيا أكثر عن وسائل الإعلام، وأكثر من ذلك، فإنه سيكلف أقل من دولار واحد».

ويضيف بيروقراطي آخر: «نعم، وأيضا علينا لصنع البولونيوم أن نبحث عن وقت لتشغيل المفاعل، المشغول مسبقا بمهام مهمة أخرى».

وعندها يتدخل مدير رفيع المســـتوى ليقول: «يا سادة، ليس الهدف من هـــذا العمل مجـــرد معاقبة خائن - وهذا لوحده يحتـــاج إلى الإعلان عنه وتضخيمه إعلاميا - لكن الأهم هو إبقاء الغرب خائفا من كل شيء نووي. إن مستقبلنا كقوة عالمية يعتمد على قدرتنا على جعلهم يعتمدون كلية علينا لتزويدهم بالنفط والغاز، إن اســـتخدامهم للطاقة النووية ســـيحررهم من هذا الاعتماد، ويمكن أن نفقد قدرتنا على جعل العالم يسير بالاتجاه الذي نريد. إن عشرة ملايين دولار ليست شيئا يذكر في سبيل هذه القضية».

ليس هذا المشهد سوى جزء من خيالي، ولكن كان من الممكن أن يشكل قصة جيدة في ذلك الوقت. والأكثر من ذلك فسيصبح أكثر موثوقية مع انتقالنا إلى القرن الحادي والعشـــرين، عندما ترتبط السلطة السياسية وفرص العمل أكثر فأكثر بمصادر الطاقة. وســـيكون من السذاجة توقع أن تقف شـــركات الطاقة جانبا لترى ريعيتها تعاق بطاقة نووية رخيصة، ولا بد أن يكون هذا صحيحا أيضا بالنســـبة إلى إحباط الآمال الوطنية. إن تدفـــق المال للصناعـــة النووية ضئيل مقارنة بشـــركات النفط والغاز والفحم الحجـــري، وبالتالي فالمال المتوافر للإعـــلان عن فوائد الطاقة النووية أقل بالمقارنة.

أصبح الخوف من النووي مترســـخا بقوة بحيث إنه لو سقط مفتاح على قدم مهندس في محطة طاقة نووية يابانية واحتاج إلى إســـعافات أولية فســـيعلن عن ذلك في العناوين الرئيســـة فـــي جرائدنا على أنه «حادث خطير في محطة طاقة نووية يابانية»، بينما لن يشغل موت مائة أو أكثر من عمال المناجم الصينيين في انفجار منجم فحم تحت الأرض أكثر من فقرة صغيرة في وسط الجريدة نفسها.

ما كتبتـــه للتو ليس مبالغة. ففي يوليـــو 2007 ضربت هزة أرضية فـــي اليابان محطة طاقـــة نووية بقوة تكفي لإيقافهـــا آليا. كانت الهزة بقـــوة كافية - أكبر من 6 على مقياس ريختـــر - لتحدث تخريبا بنيويا مهما في بلدة متوســـطة الحجم. كانت النتيجـــة «النووية» الوحيدة هي ســـقوط برميل من حزمة مـــن براميل نفايات منخفضة المســـتوى مما أدى إلى تســـريب 90 ألف بيكريل من الإشـــعاع. شكل هذا عنوانا بارزا على الصفحة الرئيســـة لجريدة أســـترالية، زعمت أن التسرب سيؤدي إلى خطر التلوث الإشـــعاعي لبحر اليابـــان. والحقيقة هي أن 90 ألف بيكريـــل هي ضعف كمية الإشـــعاع الطبيعي فقـــط، وعلى الأغلب على شـــكل بوتاســـيوم، الذي نحمله أنا وأنت في أجسامنا. وبعبارات أخرى لو قبلنا بهذا الاســـتنتاج الهيستيري فسيشكل رجلان يسبحان في بحر اليابان التهديد الإشعاعي ذاته.

الوقود الأحفوري

ليس هذا الكتاب مكانا لتسجيل إحصاءات شاملة حول احتياطات الوقود وإنتاجها. وبجهد متواضع وفهم يمكن الحصول عليها من شبكة الإنترنت، لكنني سأضمن بعض التعليقات على أنواع الوقود المستخدم الآن وعلى توقعات غذائنا للقرن القادم.

مازالت هناك احتياطات هائلة من الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي، إضافة إلى ذلك مازالت هناك احتياطات أكبر لوقود أقل كفاءة مثل الرمال القارية والصخور السجيلية وفحم البيت (الخث). المشكلة هي أن هذا الوقود الطبيعي يتجدد ببطء شديد بمعدل واحد إلى مائة من سرعة حرقنا له. ليست المشكلة في الكمية التي حرقناها مسبقا، لكنها في السرعة التي تتم بها. ومع ذلك لو استخدمت في سيارتك الغازولين أو الديزل المصنع من ثاني أكسيد الكربون الجوي باستخدام الطاقة النووية أو الطاقة الشمسية الحرارية فإنك ستقوم حينها بعمل جيد من أجل الأرض. ليس الوقود هو المخرب لكنه التوازن بين إنتاجه واستهلاكه. ويعتمد هذا كله على عدد السكان، كما يذكرني بذلك مرارا صديقي ومرشدي كريس رابلي، مدير متحف العلوم. ولو كان هناك مائة مليون منا فقط على سطح الأرض لاستطعنا أن نفعل أي شيء نحبه تقريبا من دون أذى. لكن بسبعة مليارات إنسان أشك في إمكان استدامة أي شيء، أو أن ينخفض حرق الوقود الأحفوري بشكل كبير. وأعني بـ «شكل كبير» أنه سيكفي لوقف الاحترار العالمي. إن سبعة مليارات إنسان يعيشون كما نعيش، ويطمحون لذلك، كثير جدا لكوكب حاول أن ينظم مناخه ذاتيا.

ولو تمكنا من التقاط ثاني أكسيد الكربون الصادر عن حرق الوقود الأحفوري جميعه قبل أن يصل إلى الهواء، فقد نستطيع أن ندفنه عميقا في باطن الأرض في أماكن لا يمكنه الهرب منها. هناك محاولات لفعل ذلك تجري الآن حول العالم، لكن هذه المحاولات ستفشل حتما في وقف الاحترار العالمي لأن تأثيرها الكلي لن يكون كبيرا بما يكفي. ويوجد في الفصل الخامس تفاصيل أكثر عن هذه المخططات وعن غيرها لمقاومة التغير المناخي.

استثمر النفط الخام تجاريا للمرة الأولى في بنسلفانيا في الولايات المتحدة العام 1850، وحالا بعد اكتشافه أدرك أن نواتج تقطير النفط الخام أكثر مبيعا منه. جاء أكبر تأثير للنفط في العالم عن طريق الكيروسين (زيت الكاز)، أو كما يدعى في المملكة المتحدة، البارافين. لقد استخدم على مستوى العالم بشكل رئيس لمصابيح الإنارة ولأفران الطبخ. وفي بعض أنحاء العالم، خصوصا في أفريقيا، لا يزال يستخدم حتى الآن. وفي العشرينيات والثلاثينيات، غالبا ما أرسلت إلى مزارع بعيدة في أثناء العطل المدرسية. وغالبا ما تم الطبخ على مواقد تعمل على فرن يستخدم البارافين وتلوث مذاق الطعام برائحة الوقود الكريهة. وعندما شاع السفر بواسطة الطائرة النفاثة، أصبحت رائحة الكيروسين أكثر شيوعا. وكانت أحد التقدمات غير الملحوظة في كيمياء النفط إزاحة معظم العناصر ذات الرائحة الكريهة للبارافين وللديزل بحيث أصبحت الآن محتملة تقريبا.

وبنهاية القرن التاسع عشر تطور تقطير النفط الخام كثيرا. كانت المنتجات غازات خفيفة وسوائل طيارة (الغازولين النفطي على سبيل المثال)، وسوائل أقل تطايرا (البارافين ووقود الديزل) وقطفات أثقل مثل زيت الوقود للسفن والأفران، وقطفات زيت التشحيم غير المتطاير تقريبا، وأخيرا ما بقي من عملية التقطير هو القار أو الأسفلت. لقد أمضيت شطرا من حياتي في مصافي النفط في المملكة المتحدة والولايات المتحدة. وبالنسبة إلي كان هناك دوما عنصر من الإعجاب الكبير عند زيارتي لإحدى هذه الشبكات المنظمة من الأنابيب وسط الزئير المدوي لعمليات التكرير في الخلف. لقد زرتها أول مرة كرائد في تحليل الغاز الكروماتوغرافي وأريت كيميائييهم كيفية فصل طيف عريض من الهايدروكربونات التي تشكل وقودا مثل البترول والتمييز بينها. وهو شيء مهم جدا بالنسبة إليهم، لأن نوعية الوقود - رقم أوكتانه (*) - تعتمد على تركيبه. وبدوري تعلمت أن تشغيل مصفاة للنفط أشبه بتوجيه طائرة لا تهبط على الأرض. يصل النفط الخام بواسطة ناقلات النفط من أماكن بعيدة، ويجب ضخه

(*) رقم الأوكتان هو مقياس لمقدرة الوقود (البنزين) على مقاومة الاحتراق المبكر، وكلما ارتفع رقم الأوكتان، كلما زادت كفاءة الوقود. [المحررة].

إلى خزانات ذات سـعة محدودة ومنها يتدفق باسـتمرار ليقطر. وتتدفق التيارات السـبعة أو الأكثر من ذلك المفصولة من برج التقطير باسـتمرار خلال سلسـلة مـن عمليات التحسـين - ومن دون توقـف - حتى تدخل خزانات المنتجات. يشبه الوقود السائل إلى حد ما الكهرباء : فما إن يصنع حتى يكون عليه أن يتدفق حتى يحرق أو يستهلك. ويشكل احتمال إضراب طويل من سـائقي الشـاحنات قلقا دائما لمرشدي المصافي، فالتوقف غير المخطط له لمصفاة يشبه إلى حد ما هبوط طائرة على طريق للسيارات.

لجميـع أنـواع الوقود الأحفوري منشـأ حيوي. وهـذا صحيح كذلك بالنسبة إلى الغاز الطبيعي، الذي يعتبر أحد مصادر الطاقة الرئيسة لمعظم العالـم. وحتى وقت ليس بالبعيـد كان يعتبر الأنظف والأكفأ والأقل تلويثا من أشـكال الوقود الأحفوري جميعها، وقد أتى معظم تخفيض أوروبا من غاز ثاني أكسيد الكربون من اسـتخدامها للغاز الطبيعي المتوافر. يحتوي جـزيء الميثان على أربع ذرات هيدروجين لذرة الكربون الوحيدة فيه، ولذا فعندما يحرق يأتي نصـف الطاقة تقريبا من المحتوى الهيدروجيني الذي يكون ناتجه الماء. ويولد الكربون بالطبع غاز ثاني أكسـيد الكربون عندما يحترق، لكنه يولـد فقط نصف ما تولده الكمية ذاتها من الفحم الحجري أو النفط للطاقة نفسها.

وليـس هذا فقط، إذ يمكن حرق الميثان مباشـرة في أنظمة توربينات غازية كفؤة ثرموديناميكيا حيث تستعمل الحرارة الضائعة منها في تسخين البلدة. ولمدينة ووكي في مقاطعة سـاري أحد أخفض مؤشرات التلوث لأي بلدة في المملكة المتحدة وذلك بسـبب استخدامها الدارة المركبة في توليد الكهرباء والتسـخين. ولو بقـي العالم كما كان في العـام 1960، فلربما كانت عملية التحول لحرق الميثـان كافية لوحدها لتلبي الحاجة إلى وقف التغيـر المناخي. لقـد أصبحنا مبذرين جدا في اسـتهلاك الطاقة بحيث أدى الضغـط على احتياطات العالم من الميثان إلى ارتفاعات في أسـعاره لاتزال تفسد النوعية السابقة لهذا الوقود الغازي. ومن النادر أن يذكر أنه لو تسـرب غاز الميثان إلى الجو قبل حرقه فـإن له كغاز دفيء تأثيرا أكبر بعشرين مرة تقريبا من غاز ثاني أكسيد الكربون.

الفحـــم الحجري هو الوقود القذر فعلا. ومن خلاف زوجي ناجم عن تـــرك عامل منجم بصمته الكربونية على ســـجادة زوجته الجديدة وحتى كارثـــة لندن العام 1952 التي مات بســـببها أكثر من خمســـة آلاف من التســـمم بدخان الفحم في ليلة واحدة، فقد كانت له دوما هذه السمعة. ولايزال عدد لا يحصى يموتون ويمرضون من دخان الفحم على مســـتوى العالـــم وخصوصا في الصـــين ومنغوليا. ومع ذلك فليس الفحم نفســـه هـــو الذي يقتل ولكنها الطريقة غير الفعالـــة التي نحرقه بها في مواقد مفتوحة. إن هواء لندن الآن، عدا عن التلوث من السيارات، نظيف تقريبا للاستنشـــاق، على الرغم من أن 33 في المائة من الكهرباء التي نستهلكها لاتـــزال تأتي من حرق الفحـــم الحجري. وفي العـــام 2008، دعيت أنا وســـاندي إلى تنـــاول الفطور في فندق في لندن مـــع جيمس روجرز من شركة ديوك للطاقة وزوجته ماري. قام صديقي ستيوارت براند بالتعريف فيمـــا بيننا واعتقد أننا سنســـتفيد كلانا من هـــذا اللقاء، لقد كان محقا فـــي ذلك. لقد وجدت جيم روجرز وهو شـــخص قيادي كبير في صناعة الفحـــم الحجري الضخمـــة في الولايات المتحدة مهتما بمســـتقبلنا، كما كنت أنا، ووجدته عمليا بشـــكل مدهش. لقد تشـــاركنا الفكرة في أنه لم يعد هناك الوقت ولا الموارد لدفن الإصدارات من ثاني أكســـيد الكربون لمحطـــات توليد الطاقة من الفحم الحجري على الصعيد العالمي. كان من المفيـــد جدا لي أن أعرف منه المقدار الهائل لاســـتهلاك الفحم الحجري في العالم كمصدر أولي للطاقة. وفيما إذا كان باستطاعتنا عكس التغير المناخي الذي يحدث الآن أم لا فإن هذا يعتمد على مدى الســـرعة التي نقـــوم فيها بفعل ذلك. لقد أكـــد اللقاء رأيي أن هناك فرصة ضئيلة على المستوى العالمي للعودة إلى العالم كما كان منذ مائة عام مضت.

الطاقة المتجددة

تعـــرف الطاقـــة المتجددة عادة علـــى أنها الطاقة المولـــدة من مصادر طبيعيـــة - مثل الرياح، وأشـــعة الشـــمس، والمياه الجاريـــة، والمد والجزر، والحرارة الجوفية، والوقود الحيوي، وحرق الكتلة الحيوية - والتي تتجدد

بشكل طبيعي. ويبدو أنها الأفضل للبشر وللأرض، ويعتقد كثير من الناس حقا أن استخدامها بشكل كامل قد «ينقذ كوكب الأرض».

الطاقة المتجددة شيء يأتي من غايا، بينما يصنع الوقود الأحفوري والطاقة النووية من قبل الإنسان وبالتالي فهما وسخان. وهذا غير صحيح تماما وهو أسطورة تعود إلى جان جاك روسو على الأقل. ونتصور أنه يمكننا كلنا أن نعيش بطريقة ما الحياة الطبيعية، وأن الطاقة الطبيعية والغذاء العضوي مختلفان تماما عن الغذاء المصنع وأفضل نوعية. وقد يبدو أن الرياح المتحركة والمياه الجارية أكثر طبيعية من مفاعل نووي، لكنها ليست كذلك: لقد كانت هناك مفاعلات نووية طبيعية فيما يعرف الآن باسم الغابون في أفريقيا حافظت على دفء الكائنات الحية الدقيقة التي كونتها منذ ملياري عام. وأيضا لا بد من صنع التوربينات التي تستخلص الطاقة المتجددة من تدفق الرياح أو المياه: فهي تهترئ وتحتاج إلى تجديد، وكذلك البرج الفولاذي والشفرات التي تدور. إن الطاقات التي نستخدمها جميعها، عدا النووية، عبارة عن طاقة شمسية من الدرجة الثانية أو الثالثة، ولا يعطي المصطلح «طاقة متجددة» معنى مفهوما في عالمنا الحالي. إذن ما الذي يجعلها جذابة جدا حتى لرجال الأعمال العنيدين؟ لقد تحمسوا لها بسبب المعونات المقدمة من حكومات ضغط عليها بفعل عقيدة بيئية شائعة ومفضلة. وتجعلهم القوى المقنعة نفسها يعاقبون ما يدرك على أنه غير أخضر: الفحم الحجري، والنفط، والطاقة النووية.

هل من الممكن تمييز الطاقة بين متجددة أو غير متجددة بحسب مصدرها؟ لا، لا يمكن ذلك. إن القانون الأول من الثرموديناميك، وهو أحد القوانين الثلاثة الرئيسة في الكون يقول: «الطاقة مصونة دوما»، لكن لا يوجد شيء ولا حتى في الطباعة الدقيقة حولها متجدد. ففي هذا العالم لا يمكن تجديد الطاقة، كل ما يمكنك فعله هو أن تأخذها، وتستهلكها وتكون ممتنا لذلك.

إن الكلمة «مصونة» أسهل للفهم. فكر في كأس من الماء البارد. إذا أضفت إليه ملعقة صغيرة من الماء المغلي وخلطته، سيصبح الماء أسخن بمقدار طفيف جدا. لكن الطاقة الحرارية الكلية للماء في الكأس سترتفع

بمقدار الطاقة الحرارية التي كانت في ملعقة الماء الغالي. لذا فقد حفظت الطاقـــة. ولو جعلت صانع أجهـــزة يبني لك محركا صغيـــرا، فإن الفارق الضئيل في درجة الحـــرارة بين ملعقة الماء الغالي وكأس الماء البارد يمكن أن تســـتخدم لدفع محرك صغير وتوليد الكهرباء. ولكن كيفما استخدمت الكهرباء، فسيتم الحفاظ على الطاقة.

تســـتخدم الصفة «متجددة» كحكم قيمي إنساني: ليس لها أساس في العلم. لكن بما أننا لســـنا آلهة نصنع الطاقة والمادة من لاشـــيء، علينا أن نطيـــع قوانين الكـــون، ومن المدهش أن يعني هذا أن أي شـــيء نصنعه هو طبيعـــي. إن عربة دفع رباعي SUV والوقود في خزانها طبيعية تماما مثل عـــش نمل أبيض. فمـــن دون وجود حياة علـــى الأرض لا يمكن لأي منهما أن يوجد، ولا يمكن للســـيارة أن تقاد، وننســـى بسهولة شديدة أن لا فائدة من الوقود إذا لم يكن هناك أكســـجين. إن مركبات الدفع الرباعي والوقود في خزاناتها ليســـت جيدة أو سيئة بطبيعتها، على الرغم من أن ما يصنع بهـــا يمكن أن يكون كذلك. ولذا ما الذي يـــدور حوله هذا الجدل كله؟ إن الصخب هو أنه يوجد عدد كبير جدا منا بحيث إننا نحرق الوقود أســـرع بمئات المرات من قدرة الأرض على تجديده.

طاقة الرياح

إن طاقة الرياح كالطاقة النووية هـي أحد أكثر مصادر الطاقة جدلا وإثارة. إذا اســـتخدمت بعقلانية، في مواقع لا تشـــكل فيها الطبيعـــة المتقلبة للرياح عائقا، فإنها مصدر محلي ثمين. لكن اســـتخدام أوروبا الضخم للرياح كطاقة إضافية للحمل الكهربائي الرئيس ربما ســـيذكر على أنه أحد أكبر الحماقات في القرن الحادي والعشرين، مثال عن الهندسة المثيرة للإعجاب المستخدمة بشكل خاطئ لأســـباب عقائدية غير ملائمة كما كان نقل المسافرين بواسطة المناطيد المملوءة بالهيدروجين. هناك مناطق في الولايات المتحدة وكندا، حيث يمكن أن يكون هناك معنى لوضع مزارع الرياح فيها. هذه المناطق مثل المضيق على حدود تكساس وأوكلاهوما لها مناخ مناسب، وتتوافر فيها مصادر أخرى للطاقة، وهناك فرصة لاستخدام نظام ضريبي صديق.

لا بد لي أن أعلن كراهيتي الشخصية الخاصة للتوربينات الريحية الكبيرة على اليابسة. يقع منزلي في مقاطعة ديفون في جنوب غرب إنجلترا، وهي إحدى آخر المناطق في بريطانيا التي حافظت على أنماط الحقول الصغيرة المتقاطعة المحاطة بالأسيجة، والتي جعلت من ريفنا مثار اهتمام العالم بأسره. ويمتد الساحل الجنوبي الغربي لـ 630 ميلا من ماينهيد في سومرست إلى بول في دورست، ثم يمر عبر ساحل ديفون شمالا وجنوبا. ويشمل هذا الساحل بعض أروع المناظر في أوروبا، وقد اختير جزء منه كموقع أثري عالمي من قبل اليونيسكو. لقد اخترت أن أعيش هنا لأنني أقدر أن هذا هو أحد المناطق القليلة الباقية من الريف التي لم تتأثر كثيرا بالعمران المديني أو بالزراعة الصناعية، وأراه كمثال على كيفية تعايش الإنسان مع الأرض بطريقة حسنة. إن جعل هذه المقاطعة موقعا لمصدر كهربائي من طاقة الرياح على المستوى الصناعي هو بالنسبة إلي أمر همجي مثل وضع مزرعة صرف صحي في حديقة الهايد بارك في لندن أو في الحديقة المركزية في نيويورك، ومع ذلك فهذه هي نية حكومتي تحت ضغط شديد من الاتحاد الأوروبي.

لو كانت مزارع الرياح هذه كفؤة حقا وقادرة على سد احتياجاتنا من الطاقة، فقد أقنع بالضغط على أسناني، وأتحمل تدخلها القبيح، ولكنها في الحقيقة بلا فائدة كمصدر للطاقة. سيحتاج الأمر إلى ألف ميل مربع من الريف لتقديم الأرض اللازمة لغيغاواط من طاقة الرياح. وتهب الرياح 25 في المائة من الوقت فقط بالسرعة المناسبة لتوليد كمية مفيدة من الكهرباء، ولذا تحتاج هذه الوحوش الهائلة إلى دعم محطة توليد بحجم كامل تقريبا من الوقود الأحفوري لتزود الكهرباء إذا هبت الرياح بشدة أكبر أو بضعف أكثر.

بالإضافة إلى الدعاية السلبية الموجهة إلى الطاقة النووية، فهناك تقريبا عدد مماثل من الأغلاط التي تروج حول الميزات الإيجابية لطاقة الرياح. خذ على سبيل المثال نية بريطانيا لبناء أكبر مزرعة ريحية في العالم في مصب التايمز، والتي ستتألف من 341 توربينا تحتل مساحة 230 كم^2. لقد ادعى أنه سيكون مشروعا بقدرة غيغاواط وبالتالي

يعادل في إنتاجه محطة طاقة نووية نموذجية. وفي الإعلان عنه هناك ادعاء أنه سيقدم كهرباء تكفي لثلث منازل لندن، ويوفر إصدار 1.9 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون. ويبدو الأمر جيدا إلى أن تدرك أن محطة بحجم كامل، تحرق الفحم الحجري وتصدر كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون، يجب بناؤها لدعم المشروع عندما لا تهب الرياح. وسيكون إنتاجها المتوسط بحدود 400 ميغاواط فقط من الكهرباء المتناوبة. ولو كانت مستمرة، وهي ليست كذلك، ستكون كافية لـ 830 ألف منزل يستهلك كل منها 4200 كيلووات ساعي في العام. وأنا سعيد لأنه كان لشركة النفط شل الحكمة بالرغم من الدعم للانسحاب من هذا المشروع الخاطئ.

يتطلب البقاء على هذه الجزر بعدد سكان ربما يصل إلى 100 مليون نسمة مصدرا ثابتا وموثوقا من الكهرباء من وقود محلي. ومن الجنون محاولة الحصول على ذلك من دون الطاقة النووية. ومن المحزن أن العديد من الحركات البيئية وأتباعها من المثقفين مازالوا يعارضون الطاقة النووية على أسس واهية كما هي حال الخوف من الجحيم أو الشيطان.

دعنا نقارن مصادر الطاقة المقترحة الآن. إن بصمة محطات الطاقة النووية والفحم الحجري متكافئة وتحتل محطة بقدرة غيغاواط نحو 30 فدانا أو نحو ستة ملاعب كرة قدم. وتحتل محطات طاقة مماثلة تعمل على الغاز نحو 15 فدانا فقط. لكن محطات الطاقة الحرارية الشمسية ستتطلب 5 أميال مربعة من الصحراء عند خطوط عرض منخفضة حتى 30 درجة (بعيدة جدا عن بريطانيا). وتتطلب الطاقة الريحية 1000 ميل مربع من أجل محطة بقدرة غيغاواط على اليابسة. إن المصدر الوحيد غير الملوث تماما هي الطاقة الشمسية الحرارية، فطاقة الرياح والخلايا الفولطائية ملوثة عمليا لأنها تحتاج إلى محطات داعمة من الوقود الأحفوري عندما تتوقف. لقد اعتبرت تصريف الكمية الصغيرة من النفايات النووية تلوثا على الرغم من أنها لا تؤثر في المناخ.

الجدول «2-4»

يوضح المساحة النسبية لمصادر الطاقة المختلفة (بصمة القدم)
وإصدارات غازات الدفيئة وفيما إذا كان الدعم لازما لتكون مربحة

المصدر	بصمة القدم	التلوث	الدعم اللازم
فحم حجري ونفط	2	10	لا
غاز	1	5	لا
نووي	2	1	لا
شمسية حرارية	150	0	لا
شمسية فولطائية	150	2	نعم
الرياح	30000	4	نعم

والآن حيث لم يعد التبذير أمرا مرغوبا فيه ليس هناك عذر للحفاظ على دعم لأي مصدر للطاقة. هناك خيارات كثيرة، ويجب التخلي عن مصادر غير كفؤة مثل الرياح في المملكة المتحدة لمصلحة الطاقة النووية. وفي الولايات المتحدة وأوروبا يزيد الأمل من الطاقة الشمسية الحرارية الخيارات المتاحة.

قد يجبرنا التغير المناخي على تطوير مصادر جديدة للغذاء والطاقة، وعلينا أن نتفاعل فورا وندرك الوقت اللازم لتأسيس شيء جديد على المستوى العالمي. سيحدد الوقت من قبل المهندسين والمخترعين، ويمكن اختصار قدرتهم بالعبارة المستخدمة من قبل محامي براءات الاختراع «الاختزال للعملي». ويبدو هذا سهلا لكنه العملية المهمة التي تحول مخططا أوليا لمخترع على الصفحة الخلفية لظرف إلى شيء قد يكون مفيدا لك في مطبخك. ويستطيع المهندسون الجيدون من خلال سلسلة طويلة من الخطوات القصيرة أن يحولوا فكرة هاوية إلى خدمة عملية متطورة. وبهذه الطريقة طورت محركات البخار الأولى ببطء حتى أصبحت الجزء الموثوق والمهم للحضارة الصناعية في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين.

إن فتــرة التطوير بــدءا من الفكــرة الأصلية وصولا إلــى منتج قابل للتســويق عالميا أطول بكثير مما نعتقد عادة، وبالفعل فهي في المتوســط نحو 40 ســنة. ويســتغرق الأمر ذلك الوقت الطويل كلــه لتطوير النموذج الأولي العامل إلى شيء يؤثر في كل شخص تقريبا. لقد أتى الاقتراح الأول للتلفاز بحدود العام 1900، لكن أجهزة التلفاز لم تدخل عالميا إلى البيوت حتى الخمســينيات والستينيات من القرن العشــرين. وطار الأخوان رايت بطائرتهم الأولى العام 1900، لكن الأمر اســتغرق 40 عاما أخرى قبل أن نستطيع استخدام الغلاف الجوي كوسيلة بديلة يمكننا السفر من خلالها. ويجــد أولئك الذين يغرمون بالتقانة، وبما يكتبه كتاب الخيال العلمي ذوي الخيال الواســع من الصعب عليهم تصديق هذا على الرغم من قانون مور الذي تضاعف بموجبه شريحة الحاسوب سرعتها كل سنة ونصف السنة، لكن الأمر اســتغرق 40 عاما من الحواسب الإلكترونية الأولى العاملة في الحرب العالمية الثانية لاستخدامها بشكل واسع في المنازل.

وربما سيســتغرق الأمر عشر سنوات على الأقل لجعل الطاقة متوافرة حقيقــة من الطاقة الشمســية الحراريــة أو من طاقة المــد والجزر على المســتوى العالمي، لكــن قد تتخيل من الإعلانات اليومية المكلفة لشــركات الطاقــة أن الطاقة الرخيصــة والوفيرة الصديقة للبيئــة معروضة للبيع الآن. إنها ليســت كذلك: فجاذبية مخططات الطاقة الخضراء هذه تكمن ببســاطة في التغذية الراجعــة لجزء من الدعم، وليــس لأنها جيدة بحد ذاتها، أو لأنها يمكن أن تنافس في السوق بفضل مزاياها فقط. ومن النادر أن يكون التشجيع بالدعم كفئا. فدعم السفر جوا في العشرينيات لم يكن ليجعله منافسا للسفر بالقطار أو السفن. وكان على السفر جوا أن ينتظر ليتطور فهم كامــل للإيروديناميك، ولتطوير المحركات النفاثة قبل أن يقلع حقا ويحملنا جميعا على متنه.

ومن الغباء أيضا تصور أن يســرع توجه ما، مثل مشــروع مانهاتن في أيــام الحرب، وتيرة التطور. يمكن عمليــا لمثل هذا التوجه أن يعمل جيدا لتطوير إمكانية قائمة، لكنه قد يعيق اختراعا جديدا. كان باباج في القرن التاسع عشر عبقريا ليقوم بتصميم الحاسوب الميكانيكي، ولكن لم يكن من

الممكن لأي مقدار من الدعم مهما بلغ أن يسرع تلك الخطوات الضرورية وهي اختراع الترانزستور والدارات المركبة، والتي أدت في النهاية لتطوير حاسوبك الشخصي. ونادرا ما يكون الاستعجال في الاختراع ناجحا. وحتى مشروع مانهاتن في الحرب بني على الاكتشافات ما قبل الحرب لكل من هان، وميتنر، وبيرلز، وعلماء آخرين، وكانت نهايته بناء القنبلة، على الرغم من أنها كانت قنبلة قوية واستغرق الأمر 40 عاما منذ اكتشاف النترون من قبل تشادويك العام 1932 قبل أن تصبح الطاقة النووية مصدرا عمليا لتزويد الطاقة على المستوى العالمي. ولم تصبح الكهرباء من الانشطار النووي جزءا مهما من التزود بالكهرباء لكل منزل في المملكة المتحدة حتى السبعينيات.

لقد وصف الروائي س. ب. سنو الخلاف في بريطانيا بين الإنسانيين والعلماء في كتابه «الثقافتان» (The Two Cultures). ومنذ نحو العام 1980 انتصر الإنسانيون، وانحدرت موثوقية العلماء والمهندسين وشخصياتهم. ويأتي معظم الفشل في التهيؤ للاحترار العالمي وعكسه من عدم قدرة سياسيين وبيروقراطيين قادرين بطرق أخرى، والذين نادرا ما يكونون من العلماء، على فهم الرسالة من العلماء والمهندسين الجيدين، والتمييز بين العلم الأصيل والعلم البديل. وغالبا ما تطغى الصيحات المتفائلة لرجال الأعمال وجماعات الضغط التجارية على النصيحة الجيدة والعملية. لقد أضحى الاحترار العالمي موجودا، ولا يمكننا الانتظار أكثر من ذلك. علينا أن نبدأ بتهيئة دفاعاتنا من الآن.

فضاء الغذاء والعيش

مع ارتفاع حرارة الأرض وجفافها وفقدان الأرض للبحار سينحشر 7 مليارات شخص في منطقة من الأرض الخصبة تتناقص باستمرار، وستكون هناك ملاجئ على شكل جزر، ومناطق تبقى منتجة للغذاء في القارات ولكن فقط حيث يتوافر إمداد كاف من الماء. ولو كان على بريطانيا على سبيل المثال أن تكون ملجأ للأوروبيين الهاربين من الاحترار العالمي فسنحتاج إلى إمداد آمن من الغذاء والطاقة كافيين للحفاظ على

100 مليون يتغذون بشكل جيد. وبالأهمية نفسها نحتاج إلى منازل لهم ومدن ببنى تحتية كاملة للبيوت والمدارس والمستشفيات وأماكن العمل. لقد أهمل الناس في كل مكان بشكل غريب استخدام الأراضي، وخدعوا بتوافر الغذاء على المستوى العالمي بحيث إنهم ظنوا أنه سيبقى كذلك إلى الأبد. إن ارتفاع أسعار الغذاء شأنه شأن الهبوب الأول لعاصفة قوية نذير على المجاعة التي ستأتي قريبا. والآن مع انتهاء أيام الوفرة، كيف يمكننا استخدام الأفدنة المتبقية لزراعة الغذاء الذي نحتاج إليه؟

إن المردود من المزارع الحديثة أكبر بكثير من المزارع التقليدية التي أعرفها وأحبها، ولبعض الوقت يبدو أنها الطريقة الوحيدة للمحافظة على إمداد كاف من الغذاء.

مع ابتلاع العمران والمزارع الحديثة للأرض سيصبح ذلك صعبا على أولئك الذي يعشقون الحياة البرية والريف الألطف الذي استمتعنا به فيما مضى، لكن يجب أن يكون هناك مجال للعطاء ومجال للأخذ. فالمدن تحتاج إلى الحدائق، والدول تحتاج إلى حدائق وطنية. ونحن محظوظون لامتلاكنا مساقات طويلة من الطرق الوطنية تمتد خلال المناظر الرائعة ومن الطرق المؤسسة جيدا خلالها. ليست هذه المناطق لزراعة الغذاء وليست أيضا لمزارع الطاقة. وتنمو المشاتل الزراعية والأنفاق البلاستيكية الشفافة منذ فترة، ومع انحسار الاستيراد من الخارج ستزداد احتياجاتنا لزراعة الفواكه والخضراوات ومنتجات البستنة. وأتساءل عما إذا كان بإمكاننا أن نحافظ على تربية الأبقار والمواشي - وهي طريقة غير كفؤة لإنتاج الغذاء - أو فيما إذا كانت الخنازير والدواجن التي تتغذى على الفضلات ستزودنا باللحوم.

أحلم أننا سنكتشف كيفية تخليق كل ما نحتاج إليه من الغذاء من ثاني اكسيد الكربون والنتروجين والماء وبعض المعادن. وبوجود فائض من الطاقة ليس من الصعب تخليق الحموض الأمينية البسيطة والسكريات والتي هي الغذاء الطبيعي للخلايا الحية من الهواء والماء. ويمكن لهذه الحموض أن تشكل التغذية للأنسجة الكبيرة من النبات والحيوان والتي يمكن حصادها كغذاء. وبهذه الطريقة ربما قدمت شريحة وحيدة من عضلة

فخذ لثور ابرديني شـرائح اللحم لعدد كبير من الناس. (هناك نوع مشابه لهذا النوع من الغذاء المخلق موجود مسـبقا بشـكل تجاري. وهو نوع من البروتين الفطري المسـتنبت تبيعه الأسواق التجارية تحت الاسم التجاري كورين)، وعندها سـيتقلص تأثير الإنتاج الغذائي بحيث يمكن لمسـاحات مزروعة كاملة من الأرض أن تعود إلى غايا. وربما استطعنا بذلك أن نحرر التقانة ونعود إلى العالم الطبيعي الذي كان موجودا قبل أن نستخدم النار. وسيقدم الفشـل الكبير في إنتاج المحاصيل في المناخ السيئ في المستقبل دورا حيويـا لتخليق الغذاء. لكن مثـل أحلام التقنيات الأخرى، ليس لدينا الوقت كي نفعل ذلك الآن.

وعلـى ملاجئ مؤلفة من جزر صغيرة مثـل نيوزيلندا وهاواي واليابان وتايوان والجزر البريطانية، سـتكون الحاجة الأولى هي إسـكان الملايين مـن لاجئي المناخ، والتأكد من توافر مسـاحة من الأرض كافية لإطعامهم. وسـتتجه ميولـي نحو المدن المكتظـة التي تخيلها اللـورد روجر في كتابه «مـدن لكوكب صغيـر». إن العيش بكثافة عالية ليـس ممكنا فقط، لكنه أفضل بكثير مـن العيش في الضواحي والامتداد خارج المدن. وسـتحرر المدن الجديدة من هذا النـوع الأرض، بدلا من التنافس عليها كما يحدث الآن. وفي مثل هذه المدن المكتظة بالناس سـيكون كل ما نحتاج إليه تقريبا موجودا على مسـافة قريبة مشيا. وترينا مناطق المشاة في المدن والبلدات منذ فترة الطريقة إلى المسـتقبل. وكرجل مدمن على المشـي أحلم بمراكز للمدن في بوسطن وسـان فرنسيسكو وأوساكا ولندن وباريس أو البندقية من دون مركبات من أي نوع. كان اكتشـاف أن إنتاج الغذاء لكل فدان أكبر بأربـع مرات في الحدائق والمـزارع الصغيرة منه في المـزارع الكبيرة في الحرب العالمية الثانية مفاجأة كبيرة. وبالنسـبة إلى الكثير من الناس فإن زراعة الغذاء على مقاس شخصي صغير يحقق لهم عملا جزئيا مجديا.

يعيـش أكثر من 50 في المائة من سـكان العالم اليـوم في المدن، وفي الـدول الأغنى فإن أكثر من 90 في المائة من السـكان مدينيون. والاتجاه هو لعدد أكبر فأكبر من السكان الذين يغادرون الريف ليبدأوا حياة جديدة في المدن. وأعتقد أن مدينة تدار بشكل جيد تستهلك كمية أقل من الغذاء

والطاقــة من حضــارة مؤلفة من قرى ومزارع معزولــة، وبالتأكيد أقل من التجمعات الســكانية المتوزعة خارج المــدن التي تحيط بمعظم مدن العالم المتقــدم الآن. ويمكننا تقريبا أن نفترض أننا كلنا في العالم الأول ســكان مدن، وبالتالــي فنحن معتمدون كلية على إمداد منتظــم من الغذاء والماء والمــواد الخام والطاقة. ويذهب القليل ممن يعيش في شــقق أو بيوت في المدينــة إلى البئر للحصول على الماء، أو يزرع البطاطا ليأكل. وتقريبا مثل كائن عضوي فائق، تنمو المدينة وتمد كشــجرة شــبكاتها مــن الماء والغاز وأنابيب المجرور وأسلاك الكهرباء والاتصالات. ونحن نلحظ وجودها فقط عندمــا يتعطل إحداها رائحة كريهة من المجاري أو ماء معكر من الصنبور أو ضــوء كهربائي أو حرارة متقطعــة. وللحفاظ على هذه الإمدادات ثابتة يتطلب الأمر نظاما قويا من التحكم يســتخدم دومــا الكهرباء. لقد كانت المجارير فيما مضى تحمل فضلاتها بفعل الجاذبية الأرضية فقط لتدفق، لكــن مع نمو المدينــة أصبحت المضخات ضرورية. تشــغل هذه المضخات ومضخــات مياه الشــرب كلها مع صمامات التحكــم الخاصة بها للتحكم بالضغط كهربائيا من محطات التحكم. ونعمل القطارات التي تســير فوق الأرض وتحتها على الكهرباء، وكذلك مضخات الوقود التي تزود السيارات والشاحنات. وتمتلك الشقق والمكاتب كلها مصاعد وإنارة تعتمد على توافر الكهرباء المستمر. وكذلك هواتف الخليوي والهواتف الثابتة التي تمكننا من الحديث المســتمر. وبالإضافة إلى هذا كله هنــاك أنظمة التلفاز والمذياع، ونقــوم بلعب الألعاب، وكتابة الرســائل، وكثير من الوظائف العملية للحياة العصرية باستخدام الحواسب الشخصية، هل سمع أحد بحاسب شخصي يعمل على الغاز أو البخار؟

هــذا هو الاعتماد الكلي لســاكن المدينة على تزويد مســتمر ثابت من الكهربــاء. ومن دونه تموت المدينة وبســرعة، كما ســيحدث لك من دون أكسجين. ويستمر المواطنون في المدينة الذين يحرمون من الكهرباء بالعيش لفترة قصيرة بنشــاط محموم، لكن بلا هدف، تماما كما تفعل الخلايا في جسم مات لفوره، وخلال أسبوع فإن كل ما كان حيا سيموت. ويعود العالم الطبيعي ببطء ليستملك الجثث.

هل فكرت مرة ما الذي سيحدث لمدينة كبيرة لو انقطع التيار الكهربائي لأسبوع؟ هذا ما يمكن أن يحدث لو وضعنا ثقتنا في طاقة صديقة للبيئة تدير حياتنا. تخيل لو استبدلت التوربينات الريحية بالكامل محطات الطاقة النووية القديمة لدينا، ولو أننا حملنا الرسالة حرفيا وأغلقنا آخر محطة تعمل على الفحم الحجري من أجل «إنقاذ الأرض» وشغلنا مدننا على الرياح والغاز الروسي. إن الحفاظ على مدينة يتطلب إمدادات مستمرة وموثوقة من الطاقة. إن تحمل إمدادات متقطعة من الطاقة فقط ليس خيارا. لقد توضح هذا جيدا منذ عدة سنوات مضت على التلفاز البريطاني بواسطة برنامج هورايزن (الأفق) لهيئة الإذاعة البريطانية حول عواقب انقطاع التيار الكهربائي في لندن. قدمت القضية على شكل قصة لما يمكن أن يحدث للمدينة وسكانها إذا انقطعت الكهرباء عنها لفترة أسبوع. كان السبب المتخيل هو وقوع كارثة في أوروبا عطلت تزويد الغاز خلال الأنابيب تحت بحر الشمال، وتصادفت مع فترة طقس باردة من مضاد الدوار جعلت توربينات الرياح بلا فائدة. لقد عرفت قبل البرنامج أن حياة المدينة تعتمد بشكل كبير على الكهرباء، لكنني لم أعلم كم من أنشطتنا اليومية لا يمكن أن تتم من دونها. لقد أظهر البرنامج هشاشة أنظمة إمدادات مياه الشرب وصرف المجرور، وكيف تعتمد في عملها على الكهرباء، وكذلك الإشارات الضوئية والمضخات التي تزود محطات الطاقة بالوقود، والأسواق التجارية، وعلى الأخص براداتها. الإنارة في الشوارع والمنازل، والمصاعد في الأبنية العالية، والمستشفيات، والشرطة، بالفعل يعتمد كل شيء تقريبا على الكهرباء. لقد أظهر البرنامج كيف أن لندن تدهورت خلال أسبوع واحد إلى معسكر يعج باللاجئين الجائعين. لقد كان هذا خيالا، ولكن من النقاش مع زملاء في صناعات توليد الطاقة ونقلها ليس لدي شك في أنه كان قريبا من الحقيقة.

ولو انتقلت الأرض إلى الحالة الحارة أو قريبا منها، أحر بسبع درجات من الآن، فستتاح مساحة محدودة فقط من الأرض للأنظمة البيئية الطبيعية لنتشاركها. وربما سيكون من عدم الحكمة لنا أن نأخذ أكثر من 30 في المائة من هذه المساحة لنا، ومع السماح للتوسع والأخطاء فربما كان

من الأفضل لنا أن نهدف إلى أقل من 10 في المائة. إن الفشل في الحفاظ علـــى الأنظمة البيئية في الأرض ســـيترك التحكم الذاتي للأرض بالكامل إلى الأنظمة البيئية البحرية، والتي هي في عالم حار معطلة جزئيا، لتشكل طبقة علوية حارة خالية من المغذيات. وســـتمتلك حضارة منضغطة بتقنية عاليـــة هذه المزايا: تخليق الغذاء ســـوف يقلل من تأثيـــرها على الكوكب، وســـتزود الصحراء المنتشرة لهذا الكوكب الحار الكهرباء الشمسية بوفرة. وســـتعطينا مثل هذه الحضـــارة الفرصة لنتوقف عـــن أن نكون عبئا على ضبط غايا (الأرض) والوقت لنتعلم كيف نتممه. وسيقدم مستوى عال من المعيشة لنساء مثقفات وفاعلات تحديدا آليا للنمو السكاني. ولو كانت هذه عالمية في مداها، فإن التعطيل الناتج عن الحرب قد يكون أقل احتمالا.



5

الهندسة الجيولوجية

«علينــــا أن نحشـــد مواردنـــا ســـريعا، ولو استطاع نوع آمن مـــن الهندســـة الجيولوجيـــة أن يشـــتري لنا بعض الوقت، فعلينا أن نستخدمه.»

المؤلف

هنـــاك دلائل على أنـــه يمكننا معالجة الاحتـــرار العالمي بالهندســـة أو بوســـائل أخـــرى. لقـــد برهنـــا أن تجربتنـــا غيـــر المخططة وغيـــر المقصودة بإضافة كميات كبيرة من ثاني أكســـيد الكربون إلى الجو بحرق الوقود الكربوني قد سخنت الكوكب ونعلـــم الآن أنهـــا كانت خطأ. هـــل يعني هذا أننا نســـتطيع علاج الاحترار العالمي بإضافة غـــاز آخر أو مـــادة تعمل العكس وتبرد الأرض؟ يعتقد العلماء بمن فيهم أنا أنه لا خيار لنا سوى أن نجرّب ذلك، ولكن من الأفضـــل بالتأكيد أن يتم ذلك كتجربة مخطّطة بدلا من أن تكون استجابة خائفة لفيضان مفاجئ لعدة مدن شـــاطئية، على سبيل المثال.

إذا عرّفت الهندســة الجيولوجية على أنها نشاط إنساني مقصود يغيّر بشــكل كبير حالة الأرض، أصبحنا مهندسين جيولوجيين مباشرة منذ أن بدأ البشــر باســتخدام النار للطبخ، لتصفية الأراضــي، ولصهر البرونز والحديد. لم يكن هناك شــيء «غير طبيعي» في ذلك. فالكائنات الأخرى كانت تغيّر الأرض بشــكل كبير منذ أن بدأت الحياة منذ 3.5 مليار ســنة. ومن دون الأكســجين الناتج من مخلقات التمثيل اليخضوري، على ســبيل المثال، لما كانت هناك نيران.

تغيّر الكائنات العضوية عالمها محليا لأســباب أنانية صرفة؛ إذا كانت الميزة التي تضيفها «الهندســة» مفيدة بشكل كاف لتسمح لها، ولأحفادها، ولبيئتها بالتوســع حتى تسيطر على المستوى العالمي. كان استخدامنا للنار بصفتها وســيلةً لقتــل الأحياء، ولتصفيــة الأرض من الغابــات الطبيعية واســتبدالها بأراض زراعية الفعل الثاني من أفعال الهندسة الجيولوجية. أمــا الفعل الثالث فكان الصناعة خــلال مائتي العام التي خلت. وبتعاونها معــا قادتنا هذه الأفعال كما قادت الأرض لكي نتطور إلى الحالة الراهنة. ونتيجــة لذلك، يعيــش معظمنا الآن فــي المدن وأصبحــت بيئتنا صنيعة الهندسة. وخلال فترة التدرب الهندسية الطويلة هذه غيّرنا الأرض، ولكننا حتى وقت قريب لم ندرك، كما هي حال مخلقّات التمثيل اليخضوري، أننا نقوم بذلك؛ وحتى أقل من ذلك لم ندرك العواقب السيئة لذلك.

ربمــا يبدو أن التقرير التقويمي الرابع للـــ IPCC الذي قام به أكثر من ألف من أشــهر علمــاء المناخ في العالم، الذيــن عملوا على إعداده منذ العام 1991، ســيزودنا بمعظم ما نحتاج إلى معرفته لتعديل التغير الســلبي للمناخ. ولســوء الحظ فإنه لــم يفعل ذلك، ويقــرّ العديد من علماء المناخ بأن اســتنتاجاتهم مازالت حتى الآن غير مؤكدة. فالفجوات فــي معرفة حالة المحيطات، وذلك الجزء من ســطح الأرض المكوّن من الجليد، الغلاف الجليدي، وحتى الغيوم والمعلقات في الجو تجعل التنبؤ غير واقعي. وحتى اســتجابة الغلاف الحيوي للتغير في المناخ ولتركيب الغــلاف الجوي مفهومة بشــكل أقل. وقــد نحتاج قريبــا إلى تطبيق الهندســة الجيولوجية بصــورة تجريبية بحتــة، لأن الملاحظة الدقيقة

والقيـــاس يظهران أنـــه لايزال بعض أجزاء التغيـــر المناخي حتى اليوم، كارتفاع مستوى سطح البحر على سبيل المثال، يحدث بسرعة أعلى من أكثر التنبؤات تشاؤما.

تقانات الهندسة الجيولوجية

تصنف طـــرق الهندســـة الجيولوجية ضمـــن ثلاثة أصنـــاف: الطرق الفيزيائية للتحسين مثل التحكم بألبيدو (albedo) الكوكبي (كمية الإشعاع الشمســـي التي تنعكس إلى الجو)؛ والهندســـة الفســـيولوجية التي تشمل زراعة الأشـــجار وتســـميد نظم الطحالب البيئية في المحيطات بالحديد، والتخليق المباشـــر للغذاء من مواد خـــام لاعضوية، وإنتاج الوقود الحيوي؛ وأخيرا الهندســـة الجيولوجية النشطة أو الأرضية التي تتضمن استخدام نظام الأرض البيئي لدفع العملية، أو لتغيير طبيعة التغذية الراجعة للمناخ من إيجابية إلى سلبية. وفي السياق نفسه سأصف أيضا باختصار الاقتراح بأن تسمّد المحيطات لتشجع النمو الطحلبي بخلط المياه السطحية مع المياه الغنية بالمغذيات من أسفل المستوى الذي يفصل الماء السطحي الدافئ عن الماء الأبرد في الأسفل.

تتمثـــل الطريقة التي يكثـــر حولها الحديث لتغييـــر التوازن الحراري للأرض بعكس الأشـــعة الشمســـية إلى الفضاء بإدخال معلق من قطرات حمض الكبريت إلى الغلاف الجوي. كان عالم المناخ الروســـي بوديكو أول مـــن اقترح هذا في الســـبعينيات، ولاتزال المزايا والمســـاوئ موضع نقاش منذ ذلك الوقت من قبل علماء بارزين بمن فيهم روبرت ديكينســـون، وبول كرتزون، وروبرت تشارلســـون، ومراينرات أندريا، وكين كالديرا. يتأكســـد ثاني أكســـيد الكبريت بسرعة في الستراتوســـفير لينتج حمض الكبريت على شـــكل قطرات ناعمة. هـــذه القطرات صغيرة بمـــا يكفي لتعوم في هواء الستراتوسفير مثل الدخان، ولتستغرق ثلاث سنوات لتترسب. كانت أقوى حجة تؤيد الاقتـــراح هـي أن بركان بيناتوبو حقن 20 مليون طن من ثاني أكســـيد الكبريت في الستراتوسفير. وبدا أن الاحترار العالمي الجوي توقف للســـنوات الثلاث التالية. وباســـتثناء الضرر المحلي الشديد الذي

عانتــه الفيليبين عندمــا انفجر البركان، لا يبدو أن هنــاك تغيرات بيئية مهمة تمنع استخدام مركبات الكبريت في الهندسة الجيولوجية. ويعارض العديد من علماء البيئة الفكرة على أســاس أنها تشــجع سياســة العمل كالمعتاد والإصدار المســتمر من ثاني أكســيد الكربــون. والأكثر من ذلك، أنه بينما قد تبرد درجة حرارة الهواء، غير أن ازدياد تركيز ثاني أكســيد الكربون في الهواء سيســتمر في تخريب الأنظمــة البيئية في المحيطات مــن خلال تحمّض هذه المحيطات. إنني أوافق علــى هذا التحليل، ولكن يجب أن يعتبر التحسين من هذا النوع معادلا لعلاج الفشل الكلوي بعملية غســل الكلى. إنها طريقة مفيدة لشراء الوقت، وللحفاظ على البقاء حتى يتوافر بديل أفضل. من ســيرفض غســل الكلى إذا كان الموت هو البديل؟ قد يُعتقد أن ملايين الأطنان من معلقات حمض الكبريت ســتزيد بمقدار مهــم حموضة المحيطات. ويمثل هذا أقل قلقنا لأن كمية حمض الكبريت من المعلقات ضئيلة مقارنة بالتحمض من ثاني أكسيد الكربون الذي يوجد على شكل حمض الكربون عندما ينحل في ماء البحر.

ألهمت اقتراحات إدخال الكبريت في الستراتوسفير بعض الاختراعات الذكية. وسيكون إصدار هذه المعلقات من الطائرات التجارية عندما تطير على ارتفاعات مناســبة في الستراتوسفير هو الطريقة الأسهل، كما يمكن تعديــل خزانات إعادة تزويد الطائرات المســتأجرة بالوقود لهذا الغرض. وإذا أمكن حمل مائتي طن من الكبريت إلى طبقة الستراتوسفير بمثل هذه الطائرات فإن 50 ألف رحلة لها ســتعادل بركان بيناتوبو. تشمل المركبات الكيميائية التي يمكن أن تشكل المركبات المسببة لمعلق حمض الكبريت ثاني أكسيد الكبريت، وكبريت الهيدروجين، وثاني كبريت الكربون، أو معلقا من الكبريت الغروي. المركبات الثلاثة الأولى ســامة بشكل خطير ومخرشة أو ذات رائحة كريهة لحملها على متن طائرة ركاب. وســيؤدي إطلاق طن أو اثنــين من مركبات الكبريت من معظم الطائرات التجارية إلى إنتاج مقدار كبير من المعلقات خلال بضع ســنين. وقــد لا يهم كثيرا أين يتم الإطلاق. فالبراكين الضخمة في أمكنة بعيدة مثل آيســلندة، وإندونيســيا، وأمريكا الشمالية تبعها تبريد مهم على مستوى العالم.

اقترح كل من بول كرتزون وكين كالديرا طرقا أخرى لإدخال الكبريت إلى طبقة الستراتوسفير. اقترح كرتزون استخدام المعدات الحربية: مدافع تطلق قنابل محملة بالمركبات الكبريتية. واقترح كالديرا أنبوبا بلاستيكيا خفيف الوزن محمولا من قبل بالون كوسيلة لنقل (ربما) مركب كبريت الهيدروجين بما أنه الأخف من مركبات الكبريت جميعها. ولو وصفت هذه المعالجة فسنحتاج إلى بعض التجارب الجيولوجية التشخيصية قبل استخدامها فعلا. لقد نوقش أن معلق الكبريتات يمكن أن يزيد من استنزاف طبقة الأوزون بواسطة مركبات الكلور والفلور الموجودة في الهواء. إنني أشك في أن تستخدم هذه الحجة، حتى لو كانت صحيحة، لوقف التبريد بمعلق الكبريتات. إن استنزاف طبقة الأوزون الذي كان فيما مضى مشكلة عالمية خطيرة يتناقص الآن في شدته مقارنة بالاحترار العالمي، ولو حدث فيجب اعتباره كتأثير ثانوي لمعالجة مفيدة أخرى.

اقترح لويل وود وآخرون استخدام ظل الشمس في مدار حول الشمس بالتزامن مع حركة الأرض. هناك نقطة استقرار طبيعية تسمح لظل الشمس بأن يبقى في مكانه بأقل قدر من الطاقة. وسيكون الظل غشاء مصنوعا من نسيج من ألياف الكربون الناعمة التي تنسج على شكل قرص بقطر عشرة أميال أو أكثر. وسوف يشتت هذا بضعة أجزاء في المائة من أشعة الشمس الساقطة على الأرض. ومن حيث المبدأ يمكن لهذه الطريقة أن تنجح، ولكن يبدو حتى الآن أن هناك اهتماما قليلا من قبل الوكالات ذات التمويل الكبير الذي تحتاج إليه. وتقع هذه الطريقة في التصنيف ذاته لاقتراح استخدام تقانة الفضاء لمنع ارتطام شظايا فضائية من مصدر طبيعي بالأرض، ويجب أن تتم من قبل وكالة وطنية أو دولية كبيرة.

تتمثل الطريقة الأخرى لزيادة عكس الأرض للأشعة في صنع سحب منخفضة فوق المحيطات. وستكون هذه السحب المكافئ الاصطناعي لسحب ضبابية بحرية طبيعية. اشترك جون ليثام من NCAR مع ستيفان سالتر بتصميم أجهزة بسيطة تصنّع عددا كبيرا من نوى تكاثف السحب

CCN برش مـــاء البحر. وبما أن لهذه الطريقة تأثيرات ســيئة محتملة أقل بكثير من معلقات طبقة الستراتوســفير، فيجب تجريبها بشكل كاف لتقدير قيمتها.

يبدو أنـــه ليس هناك نقص فـــي طرق الهندســـة الجيولوجية لتعديل الاحترار العالمي. لكن اســـتخدامها وحدها ليـــس علاجا، لأن تركيز ثاني أكسيد الكربون سيستمر في الزيادة ويسبب أضرارا أخرى عدا الاحترار، ولكنهـــا يمكن أن تفيد في وقف تنفيذ حكم الإعدام بينما يطور علاج آخر أكثر استدامة.

تخزين ثاني أكسيد الكربون

النوع التالي من مخططات الهندســـة الجيولوجية مؤسس على طرق لإزاحة ثاني أكســـيد الكربون إما من نواتج محطـــات الطاقة والمصادر الكبيرة الأخرى، أو بشكل مباشر من الهواء. هناك قدر كبير من البحث العلمـــي يجرى الآن، ومعظمه من قبل شـــركات الطاقة، للحصول على طريقة اقتصادية لإزاحة ثاني أكســـيد الكربون مـــن مخلفات الأفران، وهي تبدو واعدة حتى الآن ولكنها ربما تضاعفت كلفة الكهرباء المنتجة بهـــذه الطريقة النظيفة؛ ولكن هناك فرصة معقولة كي يخفّض التطوير الهندسي واقتصاد الحجم هذه الكلفة. وبإزاحة ثاني أكسيد الكربون من الصعب التخلص منه نهائيا. كيف يمكننا أن ندفن ثاني أكسيد الكربون المطلق جميعه من قبل شـــركات الطاقة الكبيرة؟ تبلغ كمية الإصدارات الكلية نحو 30 غيغا طن؛ في العام ويصدر المنتجون الكبار أقل من ثلث هـــذا المقدار، نحو 10 غيغا طـــن، ولو أزيح 10 غيغا طن فإن ذلك على أفضل حال سيبطئ فقط الاحترار العالمي على المدى الطويل. ولخفض ضغـــط الاحترار العالمي بشـــكل مفيد يجب إزاحـــة معظم الفائض من ثاني أكســـيد الكربون من دورة الكربون ولا يمكن فعل هذا أبدا بالجمع مـــن المصادر الصناعية الكبيرة فقط. وتتمثل المشـــكلة الصعبة الأخرى في التخلـــص من هذه الغيغا طنات من ثاني أكســـيد الكربون الملتقطة بهـــذه الطريقة. يمكـــن الدفن تحت الأرض في خزانـــات النفط والغاز

المستعملة، وهذا هو المتبع حاليا في النرويج. وعلينا أن ننتظر ونرى كيف يتم ذلك بطريقة جيدة واقتصادية. لكن دفن كميات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون في خزانات تحت الأرض له مخاطر خاصة. ولأن الغاز أثقل من الهواء، فإن أي هروب كبير سيتجمع عند سطح الأرض، وسوف يخنق أي شخص ضمن هذه البركة. وقد جرت حوادث طبيعية من هذا النوع في أفريقيا عندما اندلع ثاني أكسيد الكربون المضغوط تحت بحيرة بركانية إلى القرى على طول الوادي، وأدى إلى وفاة أعداد كبيرة من الناس.

إن الفكرة الأكثر إثارة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون هي اقتراح كلاوس لاكنر بغرس أشجار اصطناعية. وتتضمن الفكرة في جوهرها استخدام صخر متوافر أو تربة لتتفاعل مباشرة إما كيميائيا أو بيوكيميائيا مع ثاني أكسيد الكربون من الجو والحصول على منتج يسهل التخلص منه، أو أفضل من ذلك، على مادة يمكن استخدامها. وسيكون أحد الأمثلة الصخر الملتوي الأرضي، وهو صخر ناري متوافر جيدا يمكن أن يتألف من 50 في المائة من أكسيد المغنيزيوم. إن الناتج وهو كربونات المغنيزيوم، عبارة عن مسحوق أبيض مستقر يمكن استخدامه كمادة للبناء أو كعنصر من مكونات الأسمنت. وهناك وصف واضح لأفكار أكنر في كتاب والي بروكر «**إصلاح المناخ**» الذي ألفه بالاشتراك مع روبرت كونزيغ.

ويبدو أن زراعة الأشجار طريقة عقلانية لإزاحة ثاني أكسيد الكربون بشكل طبيعي من الهواء، وعلى الأقل للوقت الذي تستغرقه الشجرة للوصول إلى النضج. ولكن من الناحية العملية فإن إزالة الغابات من أجل المزارع والوقود الحيوي يتم الآن بسرعة فائقة جدا بحيث إن هناك فرصة قليلة كي تلحق زراعة الأشجار بها. إن لإزالة الغابات عواقب مباشرة على المناخ من خلال تدوير الماء وعكس الأشعة الجوي وهو أيضا مسؤول عن معظم الإصدارات من ثاني أكسيد الكربون. وللزراعة بمجموعها تأثيرات مناخية تقارن بتلك الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري. ولهذا السبب يبدو من الأفضل أن تدفع مبالغ من المال لسكان الغابات للحفاظ على

الأشــجار بدلا من زراعة أشــجار جديدة على أراض أزيلت منها الغابات. هنــاك جمعية «الأرض الباردة» الخيرية لجمع الأمــوال لهذا الهدف، كما تفعــل ذلك جمعية «صندوق غابات الأميــر» في المملكة المتحدة. ومن غير المقدر بشكل كاف أن النظام البيئي هو عبارة عن مجموعة متطورة تتألف من طيف واسع من الأصناف من الأحياء الميكروية والديدان واللافقاريات إلى النباتات الصغيرة والكبيرة والحيوانات. وبينما تمتلك الأنظمة البيئية الطبيعيــة القدرة على التطور مع تغير المناخ، يمكن للأشــجار المزروعة أن تموت بسهولة.

تغطّــي المحيطات أكثر من 70 في المائة من ســطح الأرض وهي غير مســكونة. وإضافــة لذلك فمعظم مياه ســطح المحيطــات تحمل عددا قليلا من الأحياء الميكروية التــي تقوم بالتمثيل اليخضوري، لأن الأملاح والمغذيات الأخرى موجودة في الماء البارد أسفل طبقة الثرموكلاين (الحد الأدنى الفاصل للمياه الســطحية الدافئة) لا تمتزج بســهولة مع الطبقة الســطحية. توجد بعض المغذيات الضرورية كالحديد بوفرة تحت الحد الأمثــل، حتى في مكان وجود المغذيات الأخرى. لقد قاد هذا إلى اقتراح جون مارتن بأن التســميد بالعنصر المغذي النادر وهو الحديد سيســمح للنمو الطحلبي أن يزداد بحيث تبرد الأرض بإزاحة ثاني أكسيد الكربون. ويقترح أحد أكثر البحــوث حداثة أن هذه الطريقة قد تكون واعدة على الرغم من الإحباطات الأولية.

في العام 2007 اقترحت و كريس رابلي اســتخدام نظام من الأنابيب الكبيرة التي توضع بشــكل شاقولي على ســطح المحيط لسحب ماء أبرد وأغنى بالمغذيات من أســفل طبقة الثرموكلاين. كان الهدف تبريد السطح مباشرة وتشجيع النمو الطحلبي الذي يساعد في ضخ ثاني أكسيد الكربون للأســفل وأيضا لإصــدار غازات مثل ثنائــي ميثيل الكبريــت والأمينات الطيارة والآيزوبرين التي تشجع تشــكل الغيوم والمعلقات. توضع الأنابيب التــي تخيلناها بطول نحو 100 متر وبقطر 10 أمتار شــاقولية في المياه الســطحية وتزود بصمام باتجاه واحد. وســوف تمتزج الأمواج السطحية بارتفاع متر واحد في المتوسط بخمسة أطنان من المياه الباردة بالثانية.

كان قصدنا تحريض الاهتمام والنقاش حول التقانات الفسيولوجية التي ستستخدم طاقة النظام الأرضي ومصادر المغذيات لعكس الاحترار العالمي. إننا لا ندري إذا كان المخطط المقترح سيساعد على استرجاع المناخ، ولكننا اكتشفنا أن مثل هذه الأنابيب قد استخدمت تجاريا لتحسين جودة مراعي الأسماك في المحيطات. كان رد فعل المجتمع العلمي رفضا فوريا تقريبا على أساس أن استخدامها سيطلق ثاني أكسيد الكربون من المياه الأعمق إلى الجو. كنا مدركين لهذا العائق ولكننا اعتقدنا أن من المعقول أن نتوقع امتصاص النمو الطحلبي الذي يلي عملية الخلط لكمية من ثاني أكسيد الكربون أكبر من تلك التي يطلقها. وستكون الخطوة التالية الاستخدام التجريبي للأنابيب والملاحظات والقياسات.

لو نجح أي من مخططات تسميد المحيطات هذه، فمن الممكن زيادة قيمته بحصاد الطحالب، واستخلاص الغذاء والوقود منها، ثم دفن النفايات في المحيط العميق على شكل كتل أثقل من الماء. وسيزيح هذا نسبة عالية من الكربون المخلّق ويضعه على شكل فضلات غير منحلة على قاع المحيط. إن درجة حرارة أعماق المحيط قريبة من 39° ف وزمن بقاء الماء هناك هي آلاف السنين على الأقل. وسيكون الكربون المدفون فعليا خارج الدورة الكربونية. وقد يكون من الممكن أيضا دفن الفضلات الزراعية من سطح الأرض في هذه المواقع في أعماق المحيطات.

مستقبل طمر عنصر الكربون

الطريقة العملية والواعدة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون الزائد من الهواء هي الطلب من غايا أن تقوم بذلك من أجلنا. تتطلب مخططات إزاحة الكربون جميعها منا استخدام الطاقة (والأكثر احتمالا أن تكون طاقة الوقود الأحفوري) لفعل ذلك. وحتى المجموع الكلي لإنتاجنا من التلوث بثاني أكسيد الكربون جميعه لايزال صغيرا مقارنة بما يصدر من الأرض. فنحن نصدر 30 غيغا طن في العام، ولكن غايا تصدر 550 غيغا طن. وإذا استطاعت الأرض موازنة هذه الكمية الهائلة،

ألا يمكننا أن نقنعها بأن تفعل أفضل من ذلك؟ أعتقد أنه يمكننا ذلك بإجراء تغيير بسيط على دورة الكربون. وبشكل عادي فإن 99.9 في المائة من الكربون الذي تأخذه مخلقات التمثيل اليخضوري من الهواء يعاد عن طريق المستهلكات التي تؤكسده إلى ثاني أكسيد الكربون أو تحوله إلى الميثان. إن أقدم مرجع استطعت أن أعثر عليه لطمر عنصر الكربون كعلاج للاحترار العالمي كان من قبل يوهانس ليمان في تعليق له نشر في مجلة نيتشر العام 2007. إن فكرة تحويل الفضلات الزراعية إلى «شحار» (char) (الشحار يشبه الفحم النباتي ولكنه يحتاج إلى كلمة مستقلة لتمييزه لأنه ليس وقودا) هو الآن موضع بحث وتطوير. إن تحويل الفضلات الزراعية إلى شحار يغير بضربة واحدة الإصدار الطبيعي لـ 99.9 في المائة من كربون الفضلات على شكل ثاني أكسيد الكربون والميثان إلى إطلاق 10 في المائة إلى 30 في المائة فقط، وهو تحسين كبير على استخدامه المباشر كمصدر للوقود الحيوي.

لو حول معظم الفضلات الزراعية إلى شحار في المزارع يمكن دفنه في التربة وبتلك الطريقة تكون المحاصيل الزراعية التي تخلّق الطاقة الشمسية قد أخذت ثاني أكسيد الكربون من الجو لمصلحتنا. إن استخدام القوة الهائلة والمجانية للتخليق اليخضوري من أجل إزاحة ثاني أكسيد الكربون أكثر اقتصادية من استخدام الطاقة المصنعة. وحتى ربما كان من الممكن تحويل الفضلات من مزارع الطحالب في المحيطات إلى شحار وتركه يسقط إلى قاع البحر. وسنكون بذلك قد حرمنا المستهلكات الطبيعية للطحالب من غذائها، ولكنها ستستفيد على المدى الطويل لأنه لو سمح للاحترار العالمي أن يستمر كما هو الآن فسيكون هناك القليل من المنتجين أو المستهلكين الباقين في المحيطات.

ليس من المعروف بشكل شائع أن الشحار خامل تماما تقريبا. فلا الأكسدة الجوية ولا فعل الأحياء الدقيقة تعيدانه إلى الجو على شكل ثاني أكسيد الكربون. ويجعل هذا طمره في التربة أو المحيطات آمنا. وحتى الآن فهو الاقتراح الواقعي الوحيد الذي يمكننا بواسطته الحصول ولو على فرصة لإعادة الأرض إلى الحالة التي كانت عليها قبل أن نبدأ باستخدام

الوقود الأحفوري. وحتى له ميزة لأن صناعة الشحار تقدم نوعا مفيدا من الوقود الحيوي كناتج ثانوي. لقد نبهني بوران ديسي والسير غيليان برانس لأول مــرة إلى هذه الفكرة الواعدة، وأنا مديــن لديفيد وين الذي أتاح لي رؤية النص غير المنشور لمقاله «فرصة الشحار الحيوي». إن البحث العلمي في تطويره عمليا وهندســيا يجري الآن في مخابر شــركة شــل المحدودة للبحث العلمي.

إن تقنية التحسين الأخرى هي التخليق المباشر للغذاء من ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين، والعناصر النادرة. وبما أن الغذاء متوافر بكثرة الآن يبدو هذا الاقتراح عقيما، ولكنه سيحرّر أراضي يمكن أن تعود إلى حالتها الطبيعية الأولى مع القدرة على تنظيم المناخ.

ويعتبر تخليق الغذاء والوقود الســائل من ثاني أكســيد الكربون والماء باســتخدام مفاعلات نووية بدرجة حرارة عالية لإنتاج المركبات الكربونية، طريقة فعالة لإزاحة ثاني أكسيد الكربون من الهواء، إلا أنه لا يعد هندسة جيولوجية.

الجيوفسيولوجيا

أشــبّه في الفصلين 2 و6 النظــام الأرضي بفســيولوجيا الحيوان، وأصــف كيف يبقى عادة في حالة اســتقرار داخلــي، وكيف أن النظام الأرضي مســتقر ديناميكيا، ولكن له تغذيات راجعة قوية بسبب الإنتاج الضخم للكائنات الحية على ســطح الأرض، وأن استجابته للتغير تشبه استجابة الكائن الحي. ومع ذلك فحتى النماذج الفيزيائية التامة للنظام الأرضي غير خطيــة، وغالبا لأن مواصفات المــاء تفرض نقاطا حرجة خلال عمليتي التبريد والتسخين. وعلى سبيل المثال، فإن تغير الطور من الجليد إلى الماء يصاحبه تغير في عكس الأشعة من 0.8 إلى 0.2، ويؤثر هذا بقوة في المناخ كما فســر بوديكو ذلــك لأول مرة. تؤثر هذه التغذية الراجعة الآن في تغير المناخ، وستســتمر حتــى ينصهر الجليد. وهناك تغذيات راجعة فيزيائية بحتة أخرى في النظام: فســطح المحيط ينطبق عنــد 54° ف إلى 57° ف. ويصبح معدل تبخر الماء من ســطح الأرض

مشـــكلة للنباتات عند درجات حرارة فوق 72°ف إلى 77°ف؛ وللرطوبة الجوية النســبية تأثير مباشـــر كبير في حجم المعلقات وعكس الأشـــعة الفعال لهـــا. ويمكن أن يشـــكل التأثير المركب للتغذيـــات الراجعة التي تتضمن الاستجابات الفيزيائية والبيولوجية للأرض مصدر الانقطاعات الكبيـــرة في المنـــاخ والتركيـــب الكيميائي. إن وجود هـــذه الانقطاعات يصاحبه غالبا تخلف ملحوظ بين الفعل ورد الفعل - أي، تردد للانتقال من حالة لأخرى، حتى عندما تدفع إلى ما وراء نقطة القمة.

وصفـــت في الفصل الثانـــي نموذجا لكوكب احتلت النباتات ســـطح أرضـــه وتوطنت الطحالب في محيطـــه - وهو نموذج أظهر تحكما ذاتيا قويـــا بدرجة حرارته. ولكن مـــع ازدياد تركيز ثاني أكســـيد الكربون أو التدفـــق الحراري حدث ارتفاع مفاجئ بمقدار تســـع درجات عند 450 ج. ب. م. من ثاني أكسيد الكربون؛ وكان هناك فعل ورد فعل ملحوظان، ولـــم يعد خفض درجة الحرارة أو التدفق الحراري فورا إلى الحالة التي كانـــا عليها قبل الانقطاع. ويشـــير تصرف هذا النمـــوذج الجيوفيزيائي البســـيط وتاريخ المناخ الأرضي الحديـــث اللذان ظهرا من تحليل عينات لـــب الجليد إلى مناخ وتركيـــب جوي يتذبذبان بشـــكل مفاجئ، كما هو متوقـــع من نظام ديناميكي بتغذية راجعة إيجابية. وســـيفكر المهندس أو الفســـيولوجي الذي ينظر إلى الاســـتجابة التاريخية للنظام الأرضي أنه مـــن غير الحكمة افتراض أن من الممكن عكس التغير المناخي ببســـاطة بتقليص الإصدارات أو بالهندسة الجيولوجية.

يقترح تاريخ الأرض على المدى الطويل وجود حالات مســـتقرة ساخنة وباردة يشـــير إليها الجيولوجيـــون على أنها بيوت الخضـــراوات والبيوت الجليديـــة. وبينهما هناك فترات شـــبه مســـتقرة كالفتـــرة الحالية ما بين عصريـــن جليديين. حدث البيت الحار الأكثر شـــهرة منـــذ 55 مليون عام مضـــت، قرب بداية الفترة المعروفة للجيولوجيين بالأيوســـين. وقد عرفت بذلك لأنها أشـــرت علـــى بداية ظهور(*) الحيوانـــات الثديية الكبيرة. كان الأيوســـين حارا بالمقاييس الحالية، وسبَّب حادث جيولوجي إطلاق ما بين

(*) ايوس (EOS): ايوس كلمة إغريقية تعني فجر. أو بداية. [المحررة].

1 و2 تيرا طن من ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء (التيرا طن يعادل مليون مليون طن). سبّب وضع هذه الكمية الكبيرة من ثاني أكسيد الكربون في الهواء ارتفاع درجة حرارة المناطق المعتدلة والقطبية بنحو 15°م ودرجة حرارة المناطق الاستوائية بين 9 و15°م. واستغرق الأمر نحو مائتي ألف سنة لعودة الظروف إلى حالتها السابقة. وعاجلا سنكون قد أطلقنا كمية مكافئة من ثاني أكسيد الكربون إلى الجو، وقد تطلق الأرض نفسها كمية مساوية مرة أخرى.

هناك دليل قوي على ارتفاع درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون بشكل حاد في حقبة الأيوسين، لكن السبب يبقى غير مؤكد. كانت الفرضيتان المفضلتان هما الإطلاق المفاجئ لكمية كبيرة من الميثان من انحباسها غير المستقر في بلورات تدعى «كلاثيرات». والميثان هو نفسه غاز دفيئة قوي، لكنه يتأكسد بسرعة إلى ثاني أكسيد الكربون. ويتعلق الافتراض الثاني باقتحام اللافا المنصهرة تحت توضع بترولي في المحيط القطبي. ويعتقد أن الحادث الذي سبب الارتفاع الكبير في ثاني أكسيد الكربون في الجو منذ 55 مليون سنة كان أبطأ من الآن: ربما حقنت المركبات الكربونية الغازية إلى الجو خلال فترة 10 آلاف سنة، بدلا من نحو مائتي سنة كما حدث أخيرا. وقد تكون للسرعة الكبيرة التي تضاف فيها غازات الكربون إلى الهواء قوة التخريب ذاتها للكمية التي تضاف. فالتلوث السريع يعطي الأرض وقتا قليلا لتتأقلم، وهذا مهم بشكل خاص بالنسبة إلى النظم البيئية في المحيطات: فالتراكم السريع لثاني أكسيد الكربون في المياه السطحية يجعلها حامضية جدا للكائنات الحية التي تشكّل الأصداف. ولا يبدو أن هذا قد حدث خلال الحادث الذي جرى في العصر الأيوسيني، ربما لأنه كان هناك وقت للمياه العميقة الأكثر قلوية أن تختلط وتعدّل المياه السطحية للمحيطات. وعلى الرغم من الفارق الكبير في فترات حقن ثاني أكسيد الكربون، فربما حصل التغير في درجة الحرارة بنحو 9 درجات عالميا منذ 55 مليون سنة بالسرعة التي قد يحدث بها قريبا. ومن المحتمل أن يحدد الوقت المستغرق للانتقال بين حالتي النظام بمواصفات النظام أكثر من معدل إضافة الحرارة المشعة أو ثاني أكسيد الكربون.

هناك اختلافات بين الأرض منذ 55 مليون ســنة والآن. كانت الشمس أبــرد بـ 0.5 فــي المائة ولم تكن هنــاك زراعة في أي مــكان، ولذا كانت النباتات الطبيعية حرة للتحكم بالمناخ. وهناك فارق آخر وهو أن العالم لم يكــن يعاني التعتيم العالمي - الـ 3-5° من التبريد العالمي بســبب المعلقات الجوية الناتجة عن التلويث البشري.

الطب الكوكبي والأخلاق

ما المخاطر الكوكبية الصحية للتدخل الجيوهندسي؟ لا شيء نعمله يمكن أن يصيب الأرض بالعقم، ولكن عواقب التدخلات على مستوى الكوكب يمكن أن تؤثر كثيرا في الإنسان. يشبه وضع المهندسين الجيولوجيين المفترضين وضع الأطباء قبل العام 1940. وفي كتابه «**المهنة الأحدث**» وصف الطبيب لويــس ثوماس بروعة العمل في مجــال الطب قبل الحرب العالمية الثانية. كانت هناك خمســة أدوية فعّالة متوافــرة فقط: المورفين للألم، والكوينين للملاريا، والإنسولين للســكري، والديجيتاليس لأمراض القلب والأسبرين للالتهــاب، ولم يكن يعــرف إلا القليل حول طريقة عملها. وبالنســبة إلى الأمــراض الأخرى جميعها تقريبا لم يكن هناك أي شــيء متوافر ســوى العلاجات المزعومة المكونة بســرية (nostrums) والكلمات المريحة. في ذلك الوقت، وعلى الرغم من وجود علم تشــريح مؤسس جيدا، كنا لانزال جاهلين بالجسم البشري أو بالعلاقة بين المضيف والطفيليات التي يملكها مع العضويّات الأخرى. لقد أدرك الأطباء الحكماء أن ترك الطبيعة تأخذ مجراها من دون تدخل، سيســمح غالبا للتحكم الذاتي الطبيعي بأن يقدّم العــلاج. ولم يكونوا ضد ادعاء الفضل لمهارتهم عندما يحدث هذا. أعتقد أن الشيء نفســه قد يكون صحيحا بالنسبة إلى الطب الكوكبي: إن جهلنا بنظام الأرض كبير جدا وهو يتفاقم بالميل لتفضيل النمذجة على التجارب والملاحظة والقياس.

لم يكن الاحترار العالمي ليحدث لولا النمو الســريع في أعداد البشــر وثروتهم. ولو فشلنا في الحد من الاحترار العالمي يمكن للكوكب أن يتخلص منا بقوة وقســوة وبالطريقة العنيفة نفســها التي تخلّصنا فيها من العديد

من الأصناف عن طريق تغيير بيئتها إلى بيئة تجعل بقاءها أمرا صعبا. ولكن علينا قبل البدء بالهندسة الجيولوجية أن نسأل: هل نحن موهوبون بما يكفي لنقوم بما يمكن أن يصبح المهمة المستمرة للحفاظ على الأرض مستقرة داخليا؟ فكر بما يمكن أن يحدث لو بدأنا باستخدام المعلقات في الستراتوسفير لتخفيض الاحترار العالمي - حتى لو نجح ذلك فلن يطول الوقت قبل أن نواجه مشكلة إضافية بتحميض مياه المحيطات. وسيحتاج هذا إلى علاج آخر، وهكذا دواليك. وقد نجد أنفسنا عبيدا في عالم عبثي كافكائي (نسبة إلى الكاتب كافكا) لا يمكننا الهروب منه. والبديل هو قبول التخلي الطبيعي عن أعداد ضخمة من البشر والرجوع إلى أرض تتحكم بنفسها بحرية.

مهما فعلنا كمهندسين جيولوجيين فمن غير المحتمل أن يتوقف التغير المناخي الخطير أو يمنع الموت على مستوى يجعل الحروب والمجاعات والكوارث السابقة كلها صغيرة، ولكن الاستمرار في صيغة «العمل كالمعتاد» يمكن أن يكون أسوأ، وربما سيقتل معظمنا خلال هذا القرن. علينا أن نعتبر بجد أن الخيار الأفضل - كما في حالة الدواء في القرن التاسع عشر - ربما يكون كلمات طيبة ومسكنات ألم، ولكن بطريقة أخرى عدم فعل شيء وترك الطبيعة تأخذ مجراها.

إن الاستجابة الطبيعية لمثل هذه الواقعية المرة هي الاستسلام: «إذن لا أمل لنا، ولا يمكننا فعل شيء لنتجنب مصيبتنا؟». هذا أبعد ما يكون عن الحقيقة. نستطيع أن نتأقلم مع التغير المناخي، وسيسمح لنا هذا بأن نفعل الأفضل بالنسبة إلى مناطق اللجوء في العالم التي ستنجو من أسوأ ظروف الحرارة والجفاف. علينا أن نحشد مواردنا سريعا، ولو استطاع نوع آمن من الهندسة الجيولوجية أن يشتري لنا بعض الوقت، فعلينا أن نستخدمه. وستبقى أنحاء من العالم كالجزر المحيطية وحوض القطب الشمالي والواحات في القارات قابلة للعيش في العالم الحار. ونحن في حاجة إلى السكن فيها، وأن نتأكد من أنها تمتلك موارد كافية من الغذاء والطاقة للحفاظ علينا كنوع من أنواع الحياة.

لم يحدث خلال الاحترار العالمي في الأيوسين الأول هلاك كبير للأصناف، وقد يكون هذا نتيجة توافر الوقت الكافي للحياة كي تهاجر إلى مناطق أبرد بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي، وأن تبقى هناك حتى يبرد الكوكب مرة أخرى. قد يحدث هذا مرة أخرى حيث أبد البشر والحيوانات والنباتات بالهجرة منذ فترة. وقد تنجو اسكندنافيا والمناطق المحيطية في شمال أوروبا كالجزر البريطانية من أسوأ حالات الحرارة والجفاف التي يجلبها الاحترار العالمي. ويضع هذا علينا مسؤولية خاصة في أن نبقى على قيد الحياة، ولكن أيضا أن نقدم ما أمكن الملجأ للاجئين المناخيين من أماكن أبعد.

ربما كانت القيمة الأعظم لمبدأ غايا في استعارته لأرض حية، تذكّرنا بأننا جزء منها، وأن عقدنا مع غايا ليس حول حقوقنا فقط، ولكنه يتضمن واجباتنا أيضا.



6

تاريخ نظرية غايا

«إن فهم غايا يتطلب معرفة غريزية بديناميةالأنظمة وهي تعمل، وليس هذا جزءا طبيعيا من علم الأرض أو الحياة»

المؤلف

وردت فكرة علم النظام الأرضي، والذي يعني أرضا تنظم نفسها ذاتيا من خلال مجتمع من الأحياء الحية المتحكمة، إلى ذهني في مختبر المحرك النفاث في كاليفورنيا في سبتمبر من العام 1965، ونشرت أول ورقة تذكر ذلك في مجلة العلوم الفلكية الأمريكية العام 1968. كان عنوان الورقة «**أجواء الكواكب: تغيرات التركيب والتغيرات الأخرى المرتبطة بوجود الحياة**». لم تلحظ الورقة تقريبا، وتعلقت بشكل رئيس بتحليل الغلاف الجوي كتجربة لاكتشاف وجود الحياة خارج الأرض. لكن سأقدم هنا فقرتين من تلك الورقة توضّحان كيف ظهرت فرضية غايا في الفترة قبل أن تنال اسمها:

> لـو كان الغلاف الجـوي للأرض اختراعـا بيولوجيا، فمن الطبيعـي أن نعتبـر أن تركيبه سـيبقى عند تركيـز أفضل أو قريب مـن الأفضل للنظام البيئي. فمناخ الأرض، على سـبيل المثـال، يعتمد بشـدة على الضغـط الجوي، أي علـى الكمية الكلية للأكسجين والنتروجين وعلى تركيز الغازات التي تمتص الأشعة تحت الحمراء مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. يقع تركيز هذه العناصر بشـكل مباشر أو غير مباشر تحت التحكم البيولوجـي. ولذا لن يكون تخمينا غيـر معقول اعتبار احتمال الحفاظ على مناخ الأرض قرب الحالة الأمثل للنظام البيئي.
>
> ومن المفيد السـؤال: لماذا يحافظ علـى تركيز 21 في المائة للأكسجين؟ في الحقيقة فإن الطاقة اللازمة لإشعال المركبات العضوية تتغير بنحو 70 في المائة عند تغير 1 في المائة في تركيز الأكسـجين فـي الغلاف الجوي. وقد تكون الحياة عند تركيز 25 في المائة من الأكسـجين صعبة جدا، وخاصة بالنسـبة إلى الأشجار. وقد تثبت إزاحة الأكسجين نتيجة لحرائق الأعشاب والغابات الحد الأعلى للتركيز عند 21 في المائة، ولكن يبدو أن الحفاظ على تركيز الأكسـجين عند قمة عظمى هو الأكثر احتمالا.

إذن، فقـد ولـدت نظرية غايا عنـد ذروة العصر الجديـد – المعاصر للودستوك وفرقة البيتلز، والذي ربما يفسر سبب اعتبار العديد من العلماء لهـا أنها جزء من تخمـة العصر الجديد بالهراء في ذلـك الوقت. ولكننا لـم نكن كلنا هيبيين مع صديقاتنا محبات موسـيقى الـروك. كان هناك برنامـج الفضاء الذي وصل إلى ذروته بالهبوط على سـطح القمر، وفورة في استكشـاف الكواكب بالأقمار الاصطناعية، واكتشـاف الدنا (DNA) والشيفرة الوراثية. وشهدت الستينيات المواجهة الكارثية تقريبا بين القوى العظمـي حول الصواريـخ المركبة في كوبا، ونهايـة الفصل العنصري في الولايـات المتحـدة، وكثيرا من التغيرات السياسـية العنيفة، وكانت عصر النزاع المؤلم بين الآراء القديمة والجديدة حول العالم.

فضلا عن تصادف مولدها في العصر الجديد، كانت نظرية غايا فكرة ثورية جدا كي تقبل فورا، وكان عليّ ألا أتوقع ذلك حتى تجمع كمية معتبرة من الأدلة والنظرية؛ وفي الواقع لم ينل المبدأ قبولا جزئيا من الجمهور العام حتى العام 2001، أي بعد مضي ست وثلاثين سنة. لقد ملت العام 1990 أن أقبل بالهزيمة وأن أستقر على مصطلح مهدئ مثل «علم نظام الأرض» أو أقبل علما باسم مركب مثل الكيمياء الجيوحيوية. ولكن كما وصف فريد بيرس ذلك بدقة، في مقال له في نيوسيانتست عام 1994، فقد استمعت إلى أصدقائي، جوناثان بوريت، وماي وان هو، وماري ميدجلي. وربما حيدت «الدقة علميا» بالنسبة إلي أن أتخلى عن كلمة غايا، ولكنها كانت ستكون استسلاما، أعلم أنه خاطئ، للتبعية. إنني سعيد لأنني بقيت مخلصا لمصطلح غايا أكثر من أربعين عاما. وربما لو لم أقابل بيل غولدينغ وتركت أفكاري تدعى بالمصطلح الباهت وغير الملهم «فرضية النظام الأرضي»، وهو المصطلح الذي أشرت إليه في ورقة لي العام 1968، فلن يقرأ علماء الأحياء أبدا الأوراق التي تلت والتي أزعجتهم كثيرا. وربما عرف العلم عندئذ قبل ثلاثين عاما الطبيعة الحقيقية لتهديد المناخ الذي نواجهه اليوم، ولكان لديه الوقت لاتخاذ الإجراءات المناسبة.

في العلم تُطوّر فكرة ما إلى مستوى الفرضية عندما تحتاج ناحية معينة من دليل جديد وموثوق إلى تفسير. وبالنسبة إلى نظرية غايا أتى الدليل الجديد من التحليل المفصّل لتركيب الغلاف الجوي للمريخ والزهرة اللذين ظهرا من طيف الأشعة تحت الحمراء للكوكبين، واللذين التقطا في مرصد بيك دو ميدي في فرنسا من الزوجين الفلكيين بيير وجانين كونز. نشر كونز هذه المعلومات في سبتمبر العام 1965، وتلقيناها في مختبر الدفع النفاث بناسا، وقبل هذا حاججت بأن الطريقة الأسهل لمعرفة ما إذا كانت هناك حياة على المريخ هي ببساطة قياس التركيب الكيميائي لغلافه الجوي. كانت حجتي هي إذا لم تكن هناك حياة على سطح الكوكب فسيكون الغلاف الجوي قريبا من التوازن الكيميائي، أي لا تنتج أي طاقة من تفاعل الغازات في الغلاف الجوي بعضها مع البعض. وبالمقابل لو كانت هناك حياة على الكوكب فستكون الكائنات الحية مضطرة إلى استخدام

الغلاف الجوي، وهو الوسـط المتحرك الوحيد على المريخ، مصدرا للمواد الخـام ومكانا لطرح الفضلات. وسـيجعله مثل هذا الاسـتخدام للغلاف الجـوي مختلفا جدا عن الغـلاف الجوي المتوازن لكوكـب ميت. أظهرت البيانـات الطيفية الملتقطة من قبل كونز حول الزهرة والمريخ أن غلافيهما الجويين يتألفان من ثاني أكسـيد الكربون بالكامل تقريبا، وأن الأكسجين والنتروجين ..... إلخ كانا عند مستويات منخفضة. وافتقر هذان الغلافان الجويان إلى أي نشاط كيميائي وبالتالي كانا قرب التوازن الكيميائي، وفق فرضيتي فليست هناك وفرة في الحياة عليهما.

كانـت الأرض كوكـب التحكم، الكوكـب الذي كنـا متأكدين من وجود الحيـاة عليه، وغلافه الجـوي غير متوازن بعمق. لدينا أكسـجين وميثان في الوقت نفسـه عند تركيز 21 في المائة حجما و1.5 جزء بالمليون على التوالي. وبوجود أشعة الشمس يتأكسد الميثان، وبعد نحو عشر سنين فقط يسـتنفد 67 في المائة منه. ومع ذلك كان تركيز الميثـان ثابتا تقريبا، كما تظهـر تحاليل عينات لب الجليد، لملايين السـنين الماضيـة كما هي حال الأكسـجين. وتوحي مثل هذه الثباتية بدرجة من عدم التوازن باسـتحالة فلكيـة. أي أن حدوث مثل هذا الاسـتقرار مصادفـة غير ممكن إطلاقا. وتنطبق اسـتحالات مماثلـة على وجود غازات أخـرى: النتروجين، وثاني أكسـيد الكربون، وأكسـيد النتروز ... وهكذا. والاستثناءات الوحيدة هي الغازات النادرة كالأرغون، والهيليوم والزينون غير النشـطة كيميائيا. وبما أن الغـازات جميعها عـدا النادرة منها إما أن تخلق مـن الأحياء أو تعالج فيها، أسـتطيع أن أقدم فرضية غايا التي تقول إن تركيب الغلاف الجوي للأرض يبقى في حالة توازن ديناميكي نتيجة وجود الحياة؛ وأكثر من ذلك لو اسـتطاعت الأحياء التأثير في تركيب الغلاف الجوي فإنها قد تستطيع تنظيم مناخ الأرض لتجعله ملائما للحياة. كان معروفا في السـتينيات أن الشـمس ازدادت حرارتها بـ 25 فـي المائة على الأقل منذ بدء الحياة منذ 3.5 مليار سنة مضت، وكانت هناك حاجة إلى التحكم للحفاظ على قابلية الأرض للحياة. نشرت الفرضية في مجلات محكمة في أواخر الستينيات وأوائل السبعينيات.

دعيت في أوائل السبعينيات إلى زيارة لين مارغوليس في مختبرها في بوسطن. لم تكن لين غريبة عن الجدال وحاربت بشدة لتأسيس فرضية الطفيليات، التي أصبحت الآن حكمة تقليدية، لكنها في وقتها بدت موضع جدال كما هي حال فرضية غايا. وبطريقة ما شكلنا خلية ثورية صغيرة في عالم من العلماء المحافظين بالنسبة إلى الأرض والحياة. ساهمت لين بشكل كبير في مبدأ غايا بتأكيدها أهمية الأحياء الدقيقة في تطور كوكبنا. لقد أوضحت أنه خلال 2 – 3 مليارات سنة من بدايتها كانت الأحياء – كل أشكال الحياة على الأرض – على شكل أحياء دقيقة. وفقط خلال الـ 500-900 مليون سنة التي مضت مارست الأحياء متعددة الخلايا دورا. ومن دون لين لم يكن سيتاح لي الالتقاء بعلماء الأرض البارزين الذين عارضوا ما كان في ذلك الوقت فرضية غايا : هـ. د. هولاند، أستاذ الجيولوجيا في جامعة هارفارد، وجيمس ووكر، من جامعة ييل. لقد رفض كلاهما فرضية غايا، ولكن كما هي حال العلماء الجيدين كانا مستعدين للنقاش حولها. وكما هو الغالب في المعارك يستمتع المتحاربون بعد انتهاء الحرب بتبادل خبراتهم، وبفعل هذا أصبح ديك هولاند صديقا لي يوافق على الاختلاف، وقد أغنى بكرم الاجتماعات التي عقدتها مع ساندي في كلية غرين في أكسفورد. كان انتقاد هولاند الرئيس والذي عبر عنه في كتابه الرائع «التطور الكيميائي للغلاف الجوي والمحيطات»، هو ببساطة أنه لا حاجة لغايا كي تفسر جيوكيمياء الأرض، فعلم الأرض يكفي وحده.

كان جيمس ووكر، وجيم كاستنغ، وب. هييز من أوائل من اقترح آلية لتثبيت درجة حرارة الأرض وتركيز ثاني أكسيد الكربون أوائل الثمانينيات، لكنهم مثل هولاند اعتقدوا أن من الممكن تفسير التحكم في الجيوكيمياء فقط. لقد استخدموا الحقيقة المؤسسة جيدا وهي أن هناك مصدرا وحيدا لثاني أكسيد الكربون – البراكين والعمليات التكتونية ومصرف واحد فقط – إزاحة ثاني أكسيد الكربون من الهواء بانحلاله بماء المطر وتفاعله مع الصخر الذي يحتوي على سيليكات الكالسيوم (البازلت والغرانيت). إن نواتج هذا التفاعل هي المركبات المنحلة في الماء مثل بيكربونات الكالسيوم وحمض السيليس اللذين ينتقلان عبر المياه الجوفية والأنهار إلى المحيطات.

لقد فسـرا التحكم بملاحظة أنه عندما ترتفع درجة الحرارة يتبخر المزيد مـن الماء ويهطل المزيد من الأمطار التي تزيـد من تفاعل تجوية الصخور، وبالتالي تخفّض كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو. هذه عملية ديناميكية بتغذيـة راجعة ضمنية سـالبة يمكن أن تثبت درجة الحـرارة وتركيز ثاني أكسـيد الكربون. ولذلك اقترحا أن أرضا مـن دون حياة يمكنها أن تتحكم في درجة حرارتها عند مستويات قابلة لحياة الأحياء.

عندمـا سـمعت ووكر لأول مرة يصـف هذه الآلية فـي مؤتمر داهلم فـي برلين أوائل الثمانينيـات بدت بالتأكيد مقبولة، وفـي حديث له بعد ذلك قال إن دافعه كان بشـكل رئيس إثبات أنه لا حاجة لغايا إلى التحكم الذاتـي وأن الجيوكيميـاء يمكنها أن تفعل ذلك وحدهـا. في ذلك الوقت كان أندرو واطسـن، الذي هو الآن أسـتاذ البيـو - جيوكيمياء في جامعة انغليا الشـرقية، يعمل معي كطالب دراسـات عليا، وخطر لنا أن الصخور تحتوي في الواقع دوما على الميكروبات وأحياء دقيقة أخرى على سطحها، والأهـم على التربـة حيث توجد أجزاء من الصخور فـي نظام بيئي غني ذاتيـا، وله غلاف جـوي داخلي أغنى بثلاثين مرة بثاني أكسـيد الكربون مـن الهواء. يمكن لمعـدل التجوية في هذه الظروف أن يكـون أكبر بكثير من التجوية لصخور مكشـوفة جرداء. نشـر تايلر فولك ود. شـفارتزمان ورقة في «نيتشـر» العام 1989 أكدت تخمیننا بواسطة تجربة مباشرة في الأنبوب. اسـتجابت الأحياء الدقيقة في نظام بيئي لارتفاع درجة الحرارة بالنمو بصورة أسرع، وسحبت النباتات ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وفي التربة أنتجت كمية أكبر من ثاني أكسـيد الكربون من الأحياء المسـتهلكة. ويزداد تدفق ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى الصخور، وتتقدم التجوية بسـرعة أكبر، وبالتالي بدلا من أن يضاف ثاني أكسيد الكربون المنتج إلى الجو يزاح بالتجوية. تخفض إزاحة ثاني أكسـيد الكربون من الهواء درجة الحرارة، ويستقر النظام عند توازن ديناميكي قريب من الوضع المثالي لنمو النبات. والأحياء الدقيقة في المحيطات ضرورية أيضا لإرجاع ثاني أكسيد الكربون المحمول في الأنهار على شكل بيكربونات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم، الذي يستقر كرواسب على قاع المحيط. العملية كلها التي يمكن

أن تدعى بالتجوية البيوجيوكيميائية للصخور، هي آلية غايا وتبدو أنها الأكثر احتمالا لتكون أساس التحكم في درجة الحرارة في العالم الواقعي. لكننا مدينون لووكر وزملائه بتوجيهنا إلى الطريق الصحيح.

كان على دليل تحكم الأرض ذاتيا في تركيز ثاني أكسيد الكربون أن ينتظر حتى العام 2008، عندما نشر العالمان الأمريكيان ريتشارد زيب وكين كالديرا ورقة في مجلة «نيتشر» لعلوم الأرض بينا فيها أن السجل طويل الأمد لتوافر ثاني أكسيد الكربون ودرجة حرارة الأرض المستنتج من قياس الغازات في عينات لب جليد القطب الجنوبي أظهر تحكما ذاتيا في درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون لمئات الآلاف من السنين. ويقدم هذا الدليل، لو تأكدت صحته، دعما رائعا لنظرية غايا، لكن المؤلفين أشارا إلى نموذج ووكر الجيوكيميائي فقط كآلية للتحكم.

لا توجد عداوة مع علماء الأرض تتعلق بمناقشاتي فيما إذا كان تحكم الأرض ناتجا عن الجيوكيمياء أو عن نظرية غايا. في الكتاب الرائع «نظام الأرض» المؤلف من قبل لي كامب، وجيمس كاستنغ، وروبرت كرين، يظهر المؤلفون الصداقة التي تميز علاقاتنا بعضنا ببعض. ويعود سبب الاختلاف غالبا إلى الطبيعة الاختزالية والمنظمة لعلوم الأرض والأحياء. ويجعل هذا من الصعب التشارك في الأفكار حول غايا. وكما أرى فإن فهم غايا يتطلب معرفة غريزية بدينامية الأنظمة وهي تعمل، وليس هذا جزءا طبيعيا من علم الأرض أو الحياة.

يمكن للجيولوجيا أن تكون مهنة ممتعة، وعلى الأخص إذا كنت تستمتع باكتشاف البرية وقضاء وقت فيها. كان بعض أمتع الرحلات التي قمت بها في الريف بصحبة الجيولوجي الأمريكي روبرت كاريل. وبمطرقته كان يقطع جزءا صغيرا من الصخر من سطح جرف ويظهر منشأها، ثم يخبرني كيف أنه منذ بضع مئات الملايين من السنين كان هناك عالم من الحرارة الشديدة والرمال المتحركة حيث نقف، أو من السهول الجرداء على حافة نهر جليدي كبير. وبالنسبة إلى علماء الأرض كان عالمهم مرضيا حتى هددت نظرية غايا بتخطئة تفسيراتهم الأنيقة أو تعقيدها. وينطبق الشيء نفسه بالنسبة إلى علماء الأحياء الحقليين،

ولذا ليس من المستغرب أن تكون نظرية غايا غير محبوبة. ولولا العواقب الخطيرة المميتة لاستخدام النظرية الخاطئة، لما كان الخلاف أكثر من التقدم العادي البطيء للفهم العلمي.

من الطبيعي مناقشة فرضية جديدة، لذا ما الخطأ الذي حصل؟ لماذا ألقيت فرضية غايا في سلة المهملات؟ بدأت المشكلة العام 1979 عندما كتب عالم الأحياء الكندي فورد دولتل نقده الممتع والمكتوب جيدا لغايا. ومن المثير أنه اختار أن ينشرها في مجلة العصر الجديد الأمريكية «كوايفوليوشن كوارترلي» التي يحررها ستيوارت براند. ربما يتظاهر العلماء بإلقاء اللوم على العصر الجديد، لكن هذا لا يمنعهم من قراءة ما تنشره، وبسرعة أدير وجه غايا إلى الحائط، خاصة لدى مجتمع علماء الداروينية الجديدة. ولم يستطع لين مارغوليس ولا أنا أن نقدم دفاعا مقنعا - جزئيا، لأن فرضية غايا، كما عبرنا عنها، كانت مخطئة. قلنا إن الأحياء، أو الغلاف الحيوي، تتحكم في مناخ الأرض وتركيب الغلاف الجوي، وبعد بعض الوقت أظهر ريتشارد داوكينز في كتابه «**الفينوتايب المدد**» أن هذا مستحيل. لقد قالها بشكل جيد وواضح جدا، بحيث اعتبر الموضوع من المجتمع العلمي بعدها منتهيا. داوكينز مؤلف موهوب ومقنع بشكل غير عادي، وقد صب احتقاره في كتابه على فرضية غايا بالحجج القوية نفسها التي يستخدمها الآن لانتقاد علم اللاهوت. ومنذ ذلك الوقت أصبح من المستحيل نشر أي ورقة عنها في مجلة معروفة. كان المحكّمون مقتنعين من قبل داوكينز وعلماء الأحياء البارزين الآخرين بأن غايا مجرد وهم من أوهام العصر الجديد. لقد صدمت بهذا الرفض لأنني وجدت المحكمين مسبقا متعاونين، ومن النادر أن ترفض مجلة ورقة علمية لي. بدا في الثمانينيات أن هذا شيء سيئ كالرقابة، حتى علم محرر نيتشر، جون مادوكس، أن الورقة التي كتبتها مع جون واطسن عن نموذج عالم زهر الأقحوان قد رفضت في أثناء غيابه. لقد كتب إلي يطلب مني أن أرسل الورقة التالية عن غايا له شخصيا وسرا. ووعد أنها لو كانت بنوعية الورقة حول نموذج عالم زهر الأقحوان فإنها ستنشر في نيتشر. لقد بر بوعده، وكانت النشرة التالية عن الموضوع هي التي كتبتها مع روبرت تشارلسون،

ومماينرات أندريا، وستيفان وارين حول العلاقة بين السحب ونوى التكاثف وثاني ميثيل الكبريت ومصدرها، وهو الطحالب البحرية.

قبلت انتقاد داوكينز بأنه لا يمكن للأحياء أو للغلاف الحيوي أن يتحكما في أي شيء أكثر من مظاهر أحيائها الفردية المكونة لها. إذن ما الذي يصنع التحكم بحق السماء؟ لم يكن لدي شك في أن المناخ والكيمياء قد نظما، فما الذي فعل ذلك إن لم تكن الحياة؟ كما شرحت مسبقا، كان علماء الأرض التقليديون بزعامة جيمس ووكر وهـ. د. هولاند متأكدين أن التحكم كان من قبل الجيوكيمياء والجيوفيزياء فقط، وأن الحياة كانت مجرد راكب أو على الأكثر مساهم. لكن البرهان القوي على عدم التوازن الكبير في تركيب الغلاف الجوي جعل تفسيراتهم البسيطة مستحيلة. إن ثرموديناميك تفاعل الغازات وحركيتها يجعلان توافر الأكسجين والميثان المتزامن عند تركيزهما الملاحظ، وأكسيد النتروز والتركيز المنخفض لثاني أكسيد الكربون غير قابلة للتفسير كلية بالعمليات غير العضوية فقط.

كنت متأكدا كما يمكن لأي عالم من أن حجة وجود تحكم - ذاتي المستنتجة من اللاتوازن للغلاف الجوي صحيحة؛ وأكثر من ذلك فقد توافرت حتى الآن دلائل من الأرض أكدت العديد من تنبؤات نظرية غايا. وبالنسبة إلي كان من الواضح أن علم أحياء ريتشارد داوكينز البحت، أو كيمياء الجيوكيميائيين البحتة، لا يمكنها تفسير الأرض. ثم تساءلت: ماذا لو أن نظام الحياة بكامله المتصل بشدة مع بيئته قام بذلك؟ خطر لي العام 1979 أن اعتراضات علماء الأحياء ستنهار لو ثبت أن المتحكم هو نظام الأرض المكون من أنواع الحياة كلها بأكمله، بما في ذلك الهواء، والمحيطات، والصخور السطحية، وليست الكائنات الحية وحدها. ويتطلب برهان هذا إجراء تجربة على الأرض بكاملها. وبالفعل كان هذا يحدث من خلال إصداراتنا لغاز ثاني أكسيد الكربون: كنا نؤثر سلبا في النظام، وفي النهاية كان لا بد من توافر دليل للبرهان فيما إذا تحكمت الأرض في ذاتها وفق فرضية غايا أم لا. ولكن كما ذكرت مسبقا، لم يتم ذلك حتى العام 2008 عندما أخذ ريتشارد زيب وكين كالديرا الدليل من لب الجليد للبرهنة على ذلك.

كل ما أمكنني فعله العام 1981 لاختبار هذه الفكرة هو تركيب النموذج الشامل، عالم زهر الأقحوان. وقبل عيد الميلاد في تلك السنة بقليل ألفت برنامج ذلك النموذج وشغلته على حاسوب شخصي من نوع هيوليت باكارد 9845، وبشـــكل ما كانـــت هذه الخطوة هي الأهم فـــي تاريخ نظرية غايا. فهـــي تعبر باختصار عن الأســـاس الرياضي للنظرية، كمـــا أنها اختبرت لمعرفة فيما إذا كانت خاطئة أو لا.

ألفت برنامجـــا بمصطلحات رياضية يصف نظاما يتحكم في نفســـه ذاتيـــا، مكوّنا من المناخ لكوكب منبســـط بســـيط، يضاء بنجم كالشـــمس، وعليه نظام بيئي بســـيط مؤلـــف من صنفي أقحوان يتطـــوران بالطريقة الداروينية. كان لعالم الأقحوان هذا درجة حرارة ســـطحية محددة بنسبة الحرارة المشعة من نجمه الممتصة أو المنعكسة إلى الفضاء، وبكمية الحرارة التي تشـــع بعيدا في المجال تحت الأحمر. لم تكن هناك غازات دفيئة كي تعقد المناخ، وكان انعكاس ضوء الشـــمس من السطح متناسبا مع المساحة المغطـــاة بالأقحـــوان الملون بالغامق أو الفاتح، أو بســـطح الأرض فقط. لم تنم الأقحوانات تحت 41° ف أو فوق 104° ف، ونمت بشـــكل أفضل عند 72.5° ف. شـــغّل النموذج بزيادة الحرارة الصادرة من النجم بشكل بطيء بطريقة مشابهة لزيادة الحرارة من الشمس منذ أن تشكلت الأرض قبل 4.5 مليار ســـنة. وبمجرد وصول بعض أجزاء الكوكب إلى درجة 41° ف بدأت الأقحوانـــات الغامقة في النمو، لأنها لكونها غامقة امتصت كمية أكبر من الحرارة. وحالا ازداد نمو الأقحوان وازدادت درجة حرارة الســـطح بسرعة مع انتشـــار الأقحوان، إلـــى أن أصبح الكوكب حارا جـــدا لينمو الأقحوان الغامـــق أكثر. الآن بـــدأ الأقحوان الأبيض ينافس على المـــكان، ومع زيادة النجم من إصـــداره الحراري احتل الأقحوان الأبيض مســـاحة أكبر حتى ســـيطر على سطح الكوكب. وفي النهاية كانت الحرارة الصادرة من النجم كبيرة جدا بالنســـبة إلى الأقحوان الفاتح، ولذا مات، وزاد الكوكب بسرعة من درجة حرارة ســـطحه، وأصبح غير قابل للحياة. تظهر خاصة من هذا النـــوع من النموذج ما يطلق عليه الفيزيائيون الهيستيريســـس hysteresis (دارة الفعل والاستجابة)، أي أنها لو سارت في الاتجاه المعاكس من الحالة

الحارة النهائية بتخفيض الحرارة الشمســية فلــن يظهر الأقحوان الفاتح إلى أن نصل إلى درجة حرارة منخفضة جدا. وينطبق الشــيء نفســه مع الاقتراب من الحالة الباردة التي لا حياة فيها، فالأقحوان الغامق يبقى عند حرارة شمسية أقل من تلك اللازمة لبدء ظهوره.

عندما شــغّل نموذج عالم الأقحوان ســررت باكتشاف أن نظام الحياة بأكمله وبيئته تحكما في درجة الحرارة عند مستوى قريب من المثالي لنمو النبات. وبالنسبة إلى نموذج محمّل بعلاقات تفاضلية غير خطية فقد كان مستقرا بشكل مدهش وجيد التصرف. لقد حافظ على درجة حرارة قريبة من الدرجة المثالية للأقحوان ضمن مجال معتبر من الإشــعاع الشمســي الداخــل، ولكن عندما كان النجم الذي ينيــر عالم الأقحوان لامعا جدا أو معتما جدا اختفت أشــكال الحياة جميعها، كان الكوكب النموذج حيا عند حرارة داخلة محتملة، ولكنه كان ميتا عندما كان النجم حارا جدا أو باردا جدا. ومن المهم إدراك أن عالم الأقحوان هو النموذج لنظام ناشئ، يتزاوج المناخ والأحياء فيه ويتطوران معا.

عالم الأقحوان هو أكثر بكثير من نموذج حيوي ســكاني يتعلق بانتشار أنواع الأقحوان على كوكب ما، فهو أيضا نموذج للمناخ. إن ما جعله مميزا هو أنه للمرة الأولى كان نمو النباتات واختيارها مرتبطين بشــكل وثيق في نموذج ديناميكــي بقدرتهما على التأثير في المناخ وتأثرهما به. لقد أظهر كيف يمكن لنظام كهذا أن يحافظ على درجة حرارة ســطح الكوكب قريبة من درجة الحرارة المثالية بالنســبة إلى نمو النبات ضمن مجال واســع من قوة الإشــعاع. ألّفت أنواعا مختلفة مــن نمط عالم الأقحوان ووصفت في كتابــي «عصور غايا». وفي ذلك الوقت كان أندرو واطســون، وهو رياضــي أكثر كفاءة مني، يبحث في نظرية غايا معي، وقد أغنت معرفته بتعقيدات النموذج ورقتنا المشــتركة حوله، والتي نشرت في المجلة السويدية تيلاس Tellus في العام 1983.

كان عالــم الأقحــوان مثل عصا أدخلت في عــش للدبابير: كان الأزيز الغاضب من علماء الأحياء الراغبين في لســعه حتى الموت صاما للآذان. ونشــرت أوراق تدّعي تخطئة عالم الأقحــوان - وبالطبع كان هناك بعض

المحكمين المميزين الذين اعترضوا على مثل هذه النشـــرات المعادية لغايا. لم تنجــح أي منها في هدفها، وبقي نموذج عالــم الأقحوان غير مخطئ. وفي عام 2002 علّق مقال المحرر في مجلة نيتشــر أنه لم يقم أي نموذج بسـيط بإزعاج علماء كثيرين كمــا فعل نموذج عالم الأقحــوان. وفي أي فرع من فروع العلم غير علم الأحياء، فإن الفشــل في تخطئة نموذج عالم الأقحوان من شــأنه أن يجعــل نظرية غايا جديرة باستكشــاف أكثر في الثمانينيات. والأكثر من ذلك يجب أن يشــكل فشــل التخطئة تحذيرا بأن النظرية الداروينية الجديدة مخطئة.

ظل النقاد يســألون «ماذا عن الأقحوانــات الخادعة؟» ظنوا أن نموذج عالم الأقحوان سيفشل لو ضمّنت الأقحوانات الخادعة فيه - أقحوانات لا تحمل وإنما نمت فقط ولم تقم بأي تحكم. كان من السهل إضافة أقحوانة خادعــة، وهي صنف من الأقحوان بلون محايد لا يقوم بأي تحكم، وينقص معــدل نمو الأقحوانــات الأخرى بســبب الطاقة المصروفــة على تصنيع الصبغة، ولكن عندما قمت بهذا عمل النموذج جيدا كما فعل من قبل. لقد اختيرت الأقحوانات ذات اللون المحايد من قبل النظام فقط عندما لم تكن هناك حاجة إلى التحكم، عندما كان الجو حارا، فضلت الأقحوانات فاتحة اللون والعاكســة للحرارة، وعندما كان باردا اختيــرت الأقحوانات غامقة اللون والماصة للحرارة فقط. إن عالم الأقحوان دارويني : لقد فشل علماء الأحياء كتلاميــذ لداروين في إدراك أن الكائنات الحية لا تتطور بشــكل مســتقل عن بيئتها - ولكنها فــي الحقيقة جزء من كل أكبر يتضمن البيئة الفيزيائية والكيميائية التي تغيرهما مع الأحياء الأخرى.

وبالنسبة إلي كانت المعركة الطويلة التي يبدو أنها لن تنتهي للاعتراف بنظرية غايا محبطة ومحيرة ومزعجة، ولكن مع ذلك كانت الضغينة متوازنة مــع المزاح. وأصبح عالما الأحياء الداروينيــان الأكثر تميزا وليام هاميلتون وجون مينارد سميث صديقين لي في أواخر التسعينيات، على الرغم من أن ســميث أشار مسبقا علنا إلى غايا على أنها «دين شرير». لقد أتى ليمكث فتــرة قصيرة في كومب ميل في العام 1996، وأخبرنا خلال العشــاء أنه عندمــا ظهرت فرضية غايا لأول مرة في الســبعينيات كان علماء الأحياء

الداروينيــون يتجادلون بحدة مع علماء الأحياء الآخرين الذين اعتقدوا أن التطــور حصل من خـــلال انتقاء المجموعة، وليس انتقــاء الكائنات الحية المنفردة. في ذلك الوقت رأى فرضية غايا على أنها ضد الداروينية بعمق، وأسوأ بكثير من نظرية انتقاء المجموعة: كانت الفرضية بأن الكوكب تطور كما لو كان كائنا حيا بالنسبة إلى الداروينيين في ذلك الوقت فكرة عبثية. وخلال تلك الزيارة استمتعنا بمناقشة الحجة الداروينية الجديدة حول ما إذا كان على شــخص شــجاع أن يقفز إلى النهر لينقــذ إما قريبا ذا صلة مباشــرة بالدم، أو ثمانية من أبناء العم. ولأن ساندي وأنا سباحان سيئان فقد شــعرنا بأن محاولة إنقاذ ثمانية من أبناء عمومتنا مضت بالمنطق إلى مكان بعيد جدا.

تحــول عالم الأقحــوان إلى مصــدر مثمــر لنماذج أخــرى للأرض. ووجد رياضيون من بينهم بيتر ســاوندرز، وانمــان هارفي، وجيمس دايك أساســها الرياضي جديرا بالدراســة. وحوّل البروفيسور ساوندرز وعالم الفسيولوجيا يوهان كوزيلاغ الأساس الرياضي لعالم الأقحوان إلى نموذج لمرضى السكري. ونشر تيم لينتون عدة أوراق حول غايا مؤسسة على عالم الأقحوان ونظّم سلســلة من المؤتمرات على عالــم الأقحوان وعلى نتائجه الرياضيــة. كانت هــذه النماذج ناجحة ومحبوبة. وتطــور عالم الأقحوان نفســه بطريقتين مختلفتين. في الأولى أصبح مجموعة أكثر شــمولا من النمــاذج الحيوية، حيث كان هناك بدلا من صنفين محددين من الأقحوان فقط حتى مائة صنف نباتي مختلف وآكلات أعشــاب، وآكلات لحوم على ثلاثــة مســتويات غذائية. لخّصت هذا العمل في ورقتــي العلمية «نموذج رقمــي للتنوع الحيوي» في مجلة مراســلات فلســفية للجمعية الملكية في العــام 1992. وتذهب هــذه النماذج ومن بينها نمــوذج يمكن للأحياء أن تتحول فيه تلقائيا، بعيدا نحو تفسير العلاقة بين التنوع الحيوي والتنظيم. وطبقها صديقاي ستيفان هاردنغ وتيم لينتون إلى مدى أبعد.

وكعالم أقرب إلى الفيزياء من الفروع الأخرى، أعلم أن قيمة نظرية ما يحكــم عليها من دقة تنبؤاتهــا وقدرتها على مقاومة التخطئة. ومنذ أوائل التســعينيات تنبأت غايا بعشــر نبوءات تأكدت ثمــان منها، أو على الأقل

أصبحت مقبولة بشــكل شائع. وأكثر من ذلك، فكما هو معلوم للفيزيائيين فــإن تنبــؤات النظريات الجيــدة تقود إلى فــورات في البحــوث العلمية الجديــدة. كان هذا صحيحا بشــكل خاص بالنســبة إلــى البحث العلمي المحــرّض بالتنبؤ بوجود صلة بين الإنتاج الحيوي لثاني ميثيل الكبريت في المحيطات، والســحب في الجو، والتوازن الإشعاعي للأرض، والتحكم في المناخ. ونشــرت الورقة العلمية حول الســحب والطحالــب والمناخ من قبل تشارلســون، ولوفلوك، وأندريا، ووارن في مجلة نيتشــر في العام 1987، ويشــار إلى اســتنتاجاتها عادة بفرضية الــCLAW (*) ومنذ ذلك الوقت نشرت مئات إن لم يكن آلاف الأوراق العلمية على البحوث التي حرّضتها. ونشرت مع البروفيسور ليس من جامعة إيست أنغليا ورقة علمية في العام 2007 في الكيمياء البيئية، لخّصنا فيها تقدم فرضية CLAW واستنتجنا أن الآليــة المقترحة لوحظت فقط في نصف الكــرة الجنوبي غير الملوّث. فالتلوث بالكبريت في نصف الكرة الشمالي هو الآن أكبر بعشر مرات من الناتج الطبيعي من الطحالب، ويغطّي على أي تأثير ممكن لهذه الطحالب.

الجدول «1-6»

الاختبار المطبق على بعض تنبؤات نظرية غايا، والنتائج

التنبؤ	الاختبار	النتيجة
المريخ من دون حياة (1968)	يشير دليل التركيب الجوي إلى عدم وجود اللاتوازن	تأكيد قوي من رحلة فايكنغ في العام 1975
تنتقل العناصر من المحيطات إلى سطح الأرض بواسطة الغازات الحيوية (1971)	البحث عن مصادر لثاني ميثيل الكبريت وأيود الميثيل من المحيطات	وجد في العام 1973
التحكم في المناخ من خلال تجوية صخور مسرعة حيويا (1973)	ربط تحليل عينات من لب الجليد بين درجة الحرارة وتركيز ثاني أكسيد الكربون	تأكد في العام 2008 من قبل زيبي وكالديرا

(*) الأحرف الأولى من أسماء العلماء المشاركين: charlson, Love lock, Andreae، وWarren

أن غايا قد شاخت وليست بعيدة عن نهاية عمرها (1982)	حسابات مبنية على تطور شمسي مقبول عموما	مقبول عموما
التحكم في المناخ من خلال تحكم في الضوء المنعكس من السحب مرتبط بإصدارات غازية من الطحالب (1987)	أجريت اختبارات عدة لكن التلوث الزائد تداخل فيها	ممكن بالنسبة إلى نصف الكرة الجنوبي
لم يتغير تركيز الأكسجين بأكثر من 5% من 21% خلال المائتي مليون عام الماضية (1974)	تحليل لب الجليد والرسوبيات	تأكدت حتى مليون سنة مضت
الغابات الشمالية والإستوائية هي جزء من التحكم في المناخ العالمي	نماذج والملاحظة المباشرة	مقبولة عموما
التنوع الحيوي جزء ضروري من التحكم في المناخ (1992)	من النماذج ولكن ليس إلى الآن في الأنظمة الطبيعية	الحكم مازال غائبا
الفترة الحالية ما بين جليديتين هي مثال على فشل الأنظمة بالمعنى الفسيولوجي (1994)	بالنماذج فقط	غير مقرر
الانتقال الحيوي للسيلينيوم من المحيط إلى الأرض على شكل ثنائي ميثيل السيلينيد	قياسات مباشرة	أكد في العام 2000 من قبل ليس

كانت الخطوة المهمة التالية في تاريخ غايا هي إعلان أمستردام الذي تم في اجتماع لاتحاد الجيوفيزيائيين الأوروبيين في العام 2001، حيث وقّع أكثر من ألف عالم على بيان أعلن فيه: «يتصرف النظام الأرضي كنظام وحيد، يتحكم في نفسه ذاتيا، مؤلف من عناصر فيزيائية وكيميائية وحيوية وبشرية». وقال أصدقائي: «على الأقل فقد اعترف بغايا على أنها علم»، ولكنني علمت أن الإعلان مازال غير كامل، وأنه مازال هناك شوط طويل أمامه، وأن نظرية غايا لن تكون حقا جزءا من العلم حتى يتضمن

مثــل هذا الإعــلان إضافة إلى ذلك حكما علميا مقبــولا لفكرة أن هدف التحكــم الذاتي هــو الحفاظ على قابلية الأرض للحيــاة. لم يدرك علماء الأحيــاء وعلماء الأرض في أمســتردام عدم وضــوح الحديث عن التحكم الذاتي من دون تحديد الهدف أو الغاية أو نقطة تحديد النظام. ولأن العلم مازال مرتبطا بعمق بالمنطق العقلاني الديكارتي بشــأن السبب والنتيجة، فــإن كلمات مثل «هــدف» أو «غاية» تثير عقبات لا يمكــن تقديرها. لكن المهندســين والفسيولوجيين يعلمون أن التحكم الذاتي من دون هدف هراء - تخيل ملاحا آليا في طائرة ليســت لديه فكرة حول الارتفاع الذي يجب أن يحافظ عليه، أو أين سيذهب.

أظهر الفيزيائي الأســترالي غارث بولتردج أن بيئات الكواكب اختيرت بشــكل طبيعي لزيادة الإنتاج الإنتروبي؛ وبعبارات بسيطة، للحفاظ عليها أنيقــة، وبصفحة توازن منتظم للطاقة. تحفّز الأحياء الدقيقة تحقيق هذا الهدف بسرعة، وفي الوقت نفسه تدفع تطور النظام بأكمله. قدم بولتردج طريقة أخرى للاقتراب من نظرية غايا.

وإذا أردنــا فهــم المناخ والتأقلم مع تغيراته، أو حتى عكســها، علينا أن نرى أن الأرض قادرة على مقاومة التغير الســيئ، حتى يصبح الأمر صعبا جدا ثم، مثل كائن حي، الهروب بســرعة إلى ملاذ آمن. القتال أو الهرب خاصة تميز الحياة، وقد قاومت الأرض (غايا) نفســها تدخلاتنا مــن خلال التغذية الســلبية الراجعة - فهي تقــاوم الطريقة التي نغير بواســطتها الهــواء بغازات الدفيئة، ونكتســح الغابــات الطبيعية ببناء المــزارع. كنا نقوم بذلك مذ كنــا صيادين - ملتقطــين مزودين بالنار، ولكن حتى بضع مئات من الســنين لم يحصل سوى تغير طفيف أو غير ملحــوظ في حالــة الأرض. لكن تدخلنا الآن أصبــح أكبر من أن يقاوم بكثير، ويبــدو أن نظام الأرض قد استســلم، ويحضّر للهرب إلى ملاذ آمن، وهي حالة حارة بمناخ مســتقر، حالة مرت بها الأرض عدة مرات مــن قبل. وتخبرنا نظرة واحدة إلى تاريخ منــاخ الأرض بأن في إمكان غايا في مثل هذه الحالات الحارة أن تبقى تنظم نفســها وأن تبقى حية بغلاف حيوي متناقص.

يفترض خطأ في أغلب الأحيان أن الحياة تأقلمت ببساطة مع البيئة المادية، مهما كانت في ذلك الوقت، والحقيقة أن الحياة أمهر من ذلك بكثير. وعندما تواجه الحياة ببيئة غير مناسبة يمكنها أن تتأقلم، ولكن إذا لم يكن هذا التأقلم كافيا لتحقيق الاستقرار فيمكنها أيضا تغيير البيئة نفسها. ونفعل الآن ذلك عن طريق إضافة غازات الدفيئة إلى الهواء، وتغيير وجه الأرض عن طريق الزراعة، والنتيجة هي الاحترار العالمي. ولو كانت الأرض الأحرّ الآن أكثر إنتاجية من الأرض الباردة قبل الثورة الصناعية فسنزدهر نحن، وستزدهر الأرض كذلك. لكن لسوء الحظ حرّكنا درجة الحرارة بالاتجاه الخاطئ، وقد نهلك نتيجة لذلك. وربما كان التبريد أفضل بكثير، حتى لو استوجب علينا أن نتخلى عن كثير من الأراضي الشمالية المعتدلة لمصلحة الجليد. هذه هي الطريقة التي تحافظ بها غايا على كوكب قابل للحياة: فالأنواع التي تطور قابلية الأرض للحياة تزدهر، وتلك التي تلوث البيئة توقف أو تفنى.

بدأت أقترب ببطء من الاستنتاج بأن العلماء غير مرتاحين لنظرية غايا لأنها تهدد مسار حياتهم اليومية. لقد بنى علماء الأرض على سبيل المثال لأنفسهم عالما متسقا يمكن فيه تفسير كل شيء بمعرفة خواص الصخور وتاريخها. ويتعايش هذا بشكل مريح مع علوم الحياة من خلال استخدام المستحاثات كشواهد وعلامات على تاريخ الصخور. وباستخدام الفيزياء اكتشف الجيولوجيون العمر الحقيقي للصخور باستخدام العناصر المشعة كساعات زمنية. فإذا تحول عنصر كاليورانيوم من خلال النشاط الإشعاعي إلى عنصر الرصاص بمعدل يتغير فيه نصفه خلال 4.7 مليار سنة، يمكن أن نعرف من نسبة اليورانيوم والرصاص الوقت الذي تشكلت فيه. وبفصل نظائر هذه العناصر - وليس هذا صعبا باستخدام مطياف الكتلة - يزداد غنى هذه القياسات كثيرا. وباستخدام الكيمياء يمكننا أن نعرف متى وأين أصبحت غازات كالأكسجين متوافرة لأول مرة في الهواء والمحيطات.

وينطبق الشيء نفسه على علماء الأحياء السعداء بعالم وصفه داروين ومن جاء بعده لأحياء تتطور بالانتقاء الطبيعي ضمن بيئة ساكنة. لا يمكن للعلم أن يكون أكيدا بالمطلق، ولكن هذا أكيد إلى أقصى درجة ممكنة.

ويبدو أن غايا مثل محرّر مستبد لمجلة علمية يطلب من الكتاب أن يعودوا ويعيدوا كتابة نص تطور الحياة - أن يغيروه بحيث لا يكون العالم الذي تطورت الحياة ضمنه عالما ثابتا وغير متغير من الجيولوجيا، ولكن عالما ديناميكيا كالكائنات الحية نفسها.

وبطريقة ما كان ممثلو هذين الفرعين الرئيسين من العلم يعبرون عن الحافز نفسه الذي يجعلنا جميعا نحطم مكاننا على الأرض الحالية. ونحن جميعا نود أن نستمر في العمل كالمعتاد. ونرغب جميعا في أن نعيش حياتنا ونتمتع براتبنا التقاعدي. إن تغيير طريقة تفكير اكتسبت بصعوبة خلال عمر بأكمله يتطلب كثيرا من التبرير، وأستطيع أن أفهم جيدا لماذا لا يود علماء الأحياء أن يعتنقوا علم الأرض ويجعلوه يدوس على موقعهم المريح، ولا يريد الجيولوجيون أيضا أن يرعوا مجموعة من الكائنات الحية في قصورهم الأنيقة والنظيفة.

ومن بين العلماء، تحمل علماء المناخ فقط نظرية غايا؛ وربما يعود هذا إلى أنهم كالفيزيائيين عند النهاية الحادة من العلم، وهم مسؤولون دوما أمام الجمهور. فنحن نتوقع الكثير من المتنبئين الجويين، ولكنهم يعرفون أن العالم الذي يطلب منهم أن يتبوأوا به فوضوي، ولذا يمكن التنبؤ به لدرجة محدودة. ومن الأيام الأولى كان علماء المناخ منفتحين عقليا وقدموا الدعم: كانت المحاضرة المدعوة الأولى، والورقة العلمية التي تحتوي على غايا في عنوانها في اجتماع لعلماء الغلاف الجوي، في مؤتمر غوردن للبحث العلمي في نيو هامبشيار العام 1970، الذي نظمه جيمس لودج من NCAR(*). دعا عالم المناخ والجو البارز بيرت بولين، مؤسس الـ IPCC، ورقة غايا التالية، وكانت هذه المرة بالاشتراك مع زميلتي لين مارغوليس. نشرت الورقة والتي كانت بعنوان «الاستقرار الجوي من قبل الغلاف الحيوي ومن أجله: فرضية غايا» العام 1974، في المجلة السويدية في علم المناخ تيللس Tellus.

أقنع عالم المناخ ستيفان شنايدر اتحاد الجيوفيزيائيين الأمريكيين بعقد اثنين من مؤتمرات تشابمان المميزة بحيث تكون غايا الموضوع الرئيس تحت عناوين «علماء لغايا» و«العلماء يتناقشون حول غايا». وأنا ممتن جدا

(*) The National Center For Atmospheric Resarch: المركز القومي لأبحاث الغلاف الجوي.

لستيف لتنازله، بالمعنى الأفضل وليس الأسوأ لتلك الكلمة. شكّل المؤتمر في سان دييغو العام 1988 معاناة كبيرة لي، وشعرت بأنني وحيد. وأظهر المؤتمر الثاني في فالنسيا العام 2001 مدى تطور نظرية غايا والمدى الذي يمكنها أن تمضي فيه.

وبالرغم من الصعوبات، حصلت نظرية غايا ببطء على القبول، وفي العام 2003 منحتني أقدم جمعية لعلم الأرض، وهي الجمعية الجيولوجية في لندن، ميدالية ولاستون وأوضحت في تنويهها أن المكافأة كانت بسبب نظرية غايا؛ وفي العام 2005 وضعت دعوة من الجمعية البيئية للانضمام إلى عضويتها النظرية في مكانها الصحيح على أنها توحّد الأرض مع علوم الحياة. استغرق العلم وقتا طويلا للنظر في غايا. لماذا كان ذلك؟ أعتقد أن اللوم يقع بشكل رئيس على علماء القرن التاسع عشر الذين من أجل تعظيم أنفسهم قبضوا على مجالات الفيزياء والكيمياء وعلوم الأرض وعلوم الأحياء وأعلنوا انفصالها بعضها عن بعض. ولايزال النزاع على هذه المجالات مستمرا، ولاتزال فروع جديدة من العلم تتشكل. ومن الحماقة أن تتوقع أن يرحب بأفكار غايا في توحيد هذه المجالات، وهي تقريبا بسوء محاولة مصالحة زوجين - ربما يتوحدان ولكن سيكون ذلك ضد المتدخل. ولذا فليس من المستغرب أن يجلب الاتحاد المسترجع للعلوم علم الجيوكيمياء الحيوية وعلم نظام الأرض. وما الخطأ في ذلك؟ ليس كثيرا ماعدا السؤال: هل كنت ستقرأ هذا الكتاب لو كان عنوانه الوجه المتلاشي لعلم نظام الأرض؟

أصبحت نظرية غايا مثبتة بقوة في عقول بعض العلماء الأمريكيين المهمين على أنها أسطورة من الستينيات وليست علما على الإطلاق. وإذا اعتبرت هذا التصريح مبالغة، وليس أكثر من رأيي المتذمر، اعتبر هذه التعليقات الحديثة الناقدة. في العام 2007 وضع بريان هيس لمراجعته لكتاب «انتقام غايا» في مجلة العلوم الأمريكية العنوان المستهزئ «كرات غايا العظيمة». وبدأ مراجع مؤيد آخر، وهو الفيزيائي البروفيسور بيتر شرودر، مراجعته في مجلة «الفيزياء اليوم» بالعبارة «إن مجرد كلمة غايا قد تكون كافية لإخافة القراء من قراءة الكتاب في المستقبل. وبالنسبة إليّ

فهي توحي بكيان سري يستخدم من قبل الأجيال الجديدة وليس من علماء محترمـــين». ثم تابع ليقول «لذا فمهمتي الأولى هي طرد مثل تلك الأوهام والإشـــارة إلى أن نظرية غايا هي نتـــاج الملاحظة العلمية، ومثل النظريات العلمية الجيدة فهي قابلة للاختبار، وتحمل نتائج تنبؤية».

وربما كان الأكثر إفصاحا هو الحديث الذي ســـمعته مصادفة في ندوة الموظفين في NCAR:

باحـث علمـي: أعتقد أن علينا أن ندعو ورقتنا «جيوفســـيولجيا الأنظمة البيئية للغابات».

باحث علمي رئيس: لا يمكنك أن تســـتعمل كلمة «جيوفسيلوجيا»؛ إنها ستدمر سمعتك كعالم - إنها مجرد مرحاض لغايا.

ولـــذا فقد جعل الاحتقار من نظريـــة غايا العلم الذي لا يجرؤ أحد أن يذكر اسمه. ومع ذلك فالدليل على صحة النظرية قوي مسبقا، وفي العلم نعمل عادة كما لو كان الأمر منتهيا ومقدما ســـلفا - كما في شـــراء منزل عندما تكون العقود قد وقّعت وينتظر المرء موعد الانتهاء. ولكن بالنســـبة إلى غايا فهنـــاك الكثير بحيث نجد من الصعب القبول بها والقيام بحركة تجاههـــا. لو كانت الفرضية صحيحة فإنها ســـتخفض منزلتنا من مالكين للأرض إلـــى منزلة صنف من أصناف الحيوانات. إنها لاتزال تســـمح لنا بأن نكون مهمّين وأقوياء في العالم، لكن يمكن للأرض أن تستمر من دوننا بينما من المحتمل أن تموت ســـريعا من دون مخلقات التمثيل اليخضوري. وعلى مســـتوى أقل يشكك قبول الفرضية بالطريقة التي يقسّم فيها العلم إلى مجموعـــة ملائمة من العلوم، ولا يبرر الاســـتمرار بالتنبؤ والتخطيط لمســـتقبلنا على أساس علم القرون الماضية الاختزالي. هذه القضايا كبيرة جدا لتناولها في أقل من عقد من الزمن. إنني لا أطلب من زملائي العلماء أن يتخلوا عن الطريقة العقلانية من التفكير التي خدمتهم جيدا، ويتحولوا فورا إلى علماء أنظمة. كل ما أطلبه منهم هو أن يأخذوا علم غايا بجد.



7

إدراك غايا

إن إحدى مشاكل العلم التي لا تذكر إلا نادرا هي أننا كثيرا ما نسلم بحقيقة لا يمكننا التأكد من صحتها بواسطة حواسنا مباشرة. لقد أخبرنا أن كل شيء مصنوع من ذرات، لكننا لا نستطيع مطلقا أن نراها بعيوننا المجردة، والأسوأ من ذلك أن الفيزيائيين يخبروننا بأن الذرات توجد على شكل موجات وجسيمات في الوقت نفسه، وأن كل شيء تقريبا عبارة عن فراغ. علينا أن نؤمن بلحمنا الصلب. وعندما أنظر من الفضاء إلى الأرض أستطيع أن أرى كوكبنا كما هو، شيء حقيقي وصلب، لكن كما هي الحال بالنسبة إلى الذرات يمكنني أن أستنتج وجود غايا من دليل غير مباشر فقط.

«حتى نشعر كلنا بشكل بديهي بأن الأرض نظام حي، ونعرف أننا جزء منه، فإننا سنفشل في التفاعل المباشر لحمايتها، وفي النهاية لحماية أنفسنا»

المؤلف

ولتوضيح مزالق الإدراك، اسمح لي بأن أخبرك كيف مررت أنا وساندي منذ عشر سنوات بشكل مزعج بإدراك قوي خاطئ خلال تمشينا على شاطئ كورنيش. قادنا ممر صخري وعر إلى الأمام على حافة الجروف التي تنحدر 400 قدم إلى الصخور والبقع اللامعة من الرمل في الأسفل. كان هذا الممر أحد مسيراتنا المفضلة، وهو جزء من الشاطئ الجنوبي الغربي حول المقاطعة الجنوبية التي تشير على شكل إصبع نحو القارة الأمريكية التي تبعد ثلاثة آلاف ميل عبر المحيط. وبينما كنا نتمشى، غمرنا تيار لطيف من هواء البحر البارد والنظيف، وملأت أسماعنا أصوات النوارس والأمواج المتكسرة. كان من السهل تخيل أن هذا المشهد لم يمس بأدوات الإنسان. لكنه لم يبق كذلك. فهناك على بقعة أكبر من الرمل، نحو الأمام والأسفل، عربة كبيرة. وعلى الشاطئ بدت العربة مثل وحش، خارج مكانها، وفي الحقيقة بصورة غير قانونية. تحطمت نظرتنا للطمأنينة، لو أصبحت العربات في مكان كهذا هي القاعدة فلن يكون هناك مهرب من الضوضاء، والاقتحام، وبشاعة الحياة المدنية. مضينا في طريقنا مستنكرين ذلك، ولكن كما لو كان بفعل السحر ذابت العربة القبيحة في أشعة الشمس لتصبح بقعة من الرمل، صخرة داكنة وبركة من مياه البحر. بحيلة من الضوء والمشهد، أدرك عقلانا في الوقت نفسه الصورة الزائفة للعربة، ثم ملأت أحاسيسنا وتحاملاتنا التفاصيل لتجعلها تبدو حقيقة. ولو أننا ابتعدنا عن المنظر، لبقيت مع ساندي مقتنعين بأن ما رأيناه كان حقيقة ولكنا شاهدين واثقين ومتأكدين في قاعة محكمة.

كان هذا وهما صغيرا ولكنه لا ينسى. وبينما أكتب الآن أتساءل ما الذي يفصل الوهم عما ندعوه الحقيقة في عقولنا؟ كم من غايا سأرى عندما أنظر إلى الأسفل من نافذة سفينة فضاء ريتشارد نحو الأرض على بعد 60 ميلا؟ إن إحدى الطرق للإجابة عن هذا السؤال هي دراسة كيف ندرك، ولفعل ذلك نحتاج إلى العودة إلى بداية حياتنا. في وقت ما، حتى ونحن ربما في رحم أمهاتنا، تتبع عقولنا التعليمات الموضوعة من قبل جيناتنا، وتبدأ المهمة الضخمة ببناء نموذج للعالم مؤسس على ما يدخلنا باستمرار من حواسنا. وعندما نولد، نبدأ الحياة بأكثر من عقل

فارغ، فجزء كبير من نظـــام عمل العقل محدد في جيناتنا، وهو ما ندعوه بالغريـــزة ، كالخوف الذي يتملك معظمنـــا عندما نعرض من مكان مرتفع فوق واد عميق. ويبدو أن بعض الأصناف كالطيور على ســبيل المثال تولد بغريزة أقوى منا، وتعرف من دون أن تعلم كيف تبني عشها، أو كيف تجوب العالـــم إلى مكان نـــاء لبنائه. لا تخطئ، فالحيوانـــات الواعية هي صانعة نمـــاذج، وعليها أن تكون كذلك لتبقى على قيد الحياة، والذكاء هو بشـــكل رئيس عنصر من عناصر بقائنا، وهو ضروري لنا ضرورة الأشواك للقنفذ، أو الفرو الأبيض للدب القطبي. أعتقد أن الميزة الضخمة للعقل البشـــري هي مرونته، وهي القدرة على إدخال معلومات جديدة يشكل منها الحدس، الذي يعتبر بمنزلة برنامج مصنع عقليا يعمل كوســيط للغريزة، ويســمح بتصرف ســريع وعفوي. وعلى نقيض الغريزة، فالحدس للمستعمل فقط ولا يمرر إلى الجيل التالي، ولكنه يتبدل بشكل مدهش ويقوي نموذج عقلنا. إن مرونة الحدس مفيدة خصوصا لأصناف مثلنا تتجول عبر الأرض خلال بيئات تتغير باســتمرار. ربما كانت حاجتنا العظمى هي القدرة الســريعة على إدراك الحياة. شـــيء حي ربما كان مفترســنا، نمر مموه جيدا وغير مرئي تقريبا لنا في غابة من النباتات، وربما كان صديقا يأتي إلى لقاء، أو ربما كان وجبتنا الطازجة التالية. إن بقاءنا على قيد الحياة وبقاء أصنافنا يعتمد على جواب سريع ودقيق عن السؤال: هل هو حي؟

لذا، فكيف نعرف؟ كيف ندرك الحياة فورا؟ بشـــكل رئيس في البحث عن الاختلافات والتشـــابهات بين ما يتنبأ به نموذجنا وما تراه أعيننا. في مشهد ســـاكن يطابـــق النموذج في عقولنا مـــا يدخل من الحواس مـــن عيوننا حتى يظهر شيء من المشهد مختلفا عن الخلفية. وكما يعلم كل صياد، فإن الحركة تظهر الأشياء. فالحركة وشكل المتحرك يؤشران على الوجود المحتمل للحياة. فالصخـــور والتربـــة والنباتات (عدا عندما تتحرك مع الرياح) ســـاكنة، وهي تعطـــي خلفية من الثبـــات التي يرى على ضوئها حركـــة حيوان ثديي أو طير أو زاحف مباشـــرة، ويطابق شكلها مع ما يؤكده نموذجنا مسبقا لأحد أشكال الحيـــاة القابلة لـــلأكل أو للحب أو الهلاك. ونميز بســـرعة النباتات كلها من الصخور والتربة بطريقة مماثلة بواســـطة نماذجها المكررة المعقدة من الأوراق

والسيقان: ربما كان هذا هو سبب كون البلورات مدهشة جدا، فهي ميتة لكنها تمتلك نظامية متكررة لا توجد في الصخور أو الأحجار العادية. تبرهن قوة اكتشافنا للحياة عن نفسها عندما ننظر إلى نهر يتدفق بسرعة من أعلى جسر، تلمع الحركة المستمرة للماء في أعيننا مع عكس الدوارات والموجات لأشعة الشمس من النهر، ومع ذلك إذا كان الماء نقيا يمكننا أن نرى سمكة، وعلى الأخص إذا كانت تسبح ضد التيار، ونعلم أنها حية.

وإذا ظننت أن هذا واضح وبسيط وممل، فحاول أن تصمم جهازا لاكتشاف الحياة يكتشف وجود تلك السمكة. إن المحاولة أبعد كثيرا عن أن تكون سهلة، ومع ذلك فاكتشاف الحياة جزء لا كلفة له من جهازنا العقلي، ويمكن تحديثه وتطويره بالتدريب.

نقارن باستمرار العالم الذي تدركه حواسنا بعالم النموذج في عقولنا. وعندما يكون التطابق جيدا نقبله على أنه الحقيقة. كنت أنا وساندي متأكدين من أن العربة التي رأيناها على الشاطئ حقيقية، لكنها لم تكن أكثر من تأليف مركب من عقلينا لخلق تطابق أفضل لنموذجنا العقلي بملامسة جزء غامض من المشهد الذي ظننا أننا رأيناه. ومن المخيف التفكير بأننا لو لم نتابع السير، ونر أن العربة كانت وهما، لتساءلنا في المرة التالية التي نتمشى فيها على طول تلك المنحدرات متى ذهبت العربة وإلى أين. إن نموذجنا للعالم يتحدث باستمرار، وليس دوما بالحقيقة.

نشأ جزء مهم من العلم باكتشاف أجهزة يمكنها أن ترى وتسمع أبعد بكثير من مجال حواسنا. لقد مكن المجهر الذي صنعه ليوفينهوك لأول مرة في القرن السابع عشر من رؤية كائنات دقيقة تسبح في قطرة من الماء، وأخبرته حركتها وشكلها بأنها حية. لقد مد مجهره مجال إدراكنا إلى أشياء أصغر مما يمكننا رؤيته بالعين المجردة. وفعل آخرون مثل غاليليو الشيء نفسه بواسطة المنظار، وبالتالي نستطيع اليوم النظر إلى حافة الكون تقريبا. إن عيوننا وآذاننا محدودة من التطور إلى ما نحتاج إليه لنبقى على قيد الحياة وليس أكثر من ذلك. لم يصادف البشر بيئات تتطلب عيونا يمكنها أن ترى في المجال تحت الأحمر وفوق البنفسجي من الطيف، لكن الحشرات والزواحف تمتلك ذلك. وكنا سنمتلك مثل هذه الحواس أيضا لو كانت الحاجة إلى ذلك كبيرة بما يكفي.

على الرغم من قوة عقولنا فإنها لم تتطور بالانتقاء الطبيعي لترى الذرات أو المجرات البعيدة وتدركها. ولذا فليس من المستغرب أن نحاول نحن العلماء بحماس بناء نماذج وأجهزة قوية بما يكفي لجعل إدراك هذه الأشياء غير المدركة تبدو حقيقة. لماذا إذن لا نرى كلنا بالغريزة أو بالحدس شيئا مهما كغايا؟ السبب الرئيس كما أعتقد هو أن ذلك لم يكن حتى عهد قريب مهما لانتقائنا ككائنات حية. وينطبق الشيء نفسه على الأرض المادية، فلم يحدث حتى عهد الإغريق على الأقل أن أخبرنا الحكماء بأننا نمشي على كوكب كروي يدور حول الشمس. لم يكن عالمنا سابقا أكثر من البيئة التي ندركها مباشرة بحواسنا، وما كونته مخيلتنا عن السماء والأرض التي تحت أقدامنا.

يسألني الأصدقاء من العلماء كثيرا : **لماذا تستمر في الحديث عن الأرض كأنها كائن حي؟** هذا سؤال جيد، وليس هناك جواب عقلاني. وبالفعل بالنسبة إلى بعض زملائي فإن اقتراحي أن الكوكب بكامله كائن حي ليس «غير صحيح علميا» فقط لكنه هراء. وفي الجواب أقول إن العلم لم يصغ حتى الآن تعريفا تاما للحياة. فللفيزيائيين والكيميائيين تعريف، ولعلماء الأحياء تعريف آخر، والاثنان غير تامين. لكن هذا لا يقنع العديد من أصدقائي لأنهم يعتقدون أنهم يعرفون بالغريزة أو بالحدس ما هو حي، وأن الأرض لا تلبي بأية حال معيار الحياة لديهم. إن الغريزة والحدس قويان ولا يمكن إنكارهما، ولذا يوصف تأكيدي لحياة بحجم كوكب على أنه شذوذ.

ربما كان الأمر كذلك، لكن العلماء لا يفعلون أفضل من ذلك كثيرا. ولذا فقد اقترح الفيزيائي شرودينغر في كتابه الصغير المميز «**ما هي الحياة؟**» أن الاختزال الديناميكي المستدام للانتروبي الداخلية يميز الحياة عن بيئتها اللاعضوية، وقد تردد صدى هذا التفكير لدى فيزيائيين آخرين، وعلى الأخص بيرنال ودينبي. يقول علماء الأحياء ببساطة إن الكائن الحي هو الكائن الذي يتناسل، وإن أخطاء التناسل تصحح بالانتقاء الطبيعي. لكن التعريفين لا يساعدان كثيرا. إن جواب الفيزيائي فضفاض جدا وهو يعني أن الأجهزة الميكانيكية كالبرادات كانت حية، كما أن تعريف عالم الأحياء ضيق جدا وهو يعني أنني أنا، وجدة، أو شجرة لومباردي شائعة

أموات لأننا لا نتكاثر. تناســب نظرية غايا تعريف الفيزيائي لكنها لا تلبي اختبار عالم الأحياء لأنها لا تتكاثر، ولا يمكن أن يكون هناك انتقاء طبيعي بين الكواكب. لكن شــيئا يعيش ربع عمر الكــون لا يحتاج بالتأكيد إلى أن يتكاثر، وربما حدث الانتقاء الطبيعي لغايا داخليا مع تطور الكائنات الحية وبيئتها ضمــن اتحاد مغلق بإحكام. وإذا تابعت هــذه الفكرة بالتفكير في جدة مســنة بما يكفي لتحبل، فهي وفق تعريف عالم الأحياء ليســت حية، لكنها، مثل غايا، مجموعة كبيــرة من الخلايا الحية المتعاونة التي تتكاثر. لايزال التبصر والإدراك يضعان حدا لحكمتنا.

إن العلم منقسم بشــكل عريض بين التفكير الديكارتي العقلاني لعلماء الأرض والحيــاة، والتفكير الشــمولي لعلماء وظائف الأعضاء والمهندســين والفيزيائيــين. يتكلم العلماء الشــموليون بلغات رياضيــة وغالبا ما يكونون غير مفهومــين للعقلانيين. يكره العلماء العقلانيــون التبصرات، ويفضلون التفســيرات خطوة فخطوة، المؤسســة على بيانات موثوقــة ومنظمة. وهم يرون التبصر على أنه ابن الحدس، وهو شــيء لاعقلاني يأتي من مزيج من البيانات المتعارضــة. ولهم أن يكرهوا التبصر، لكن خطوات كبيرة في العلم تأتي غالبا من التبصر كما تأتي أيضا من التحليل والتنظير العقلانيين. وهذا صحيح بصورة خاصة بالنســبة إلى فيزياء الكوانتم ولعلم الأحياء، وبالفعل قــد لا يكون من الممكــن تعريف الحياة أو التعقيــد الكوانتمي بمصطلحات علمية عقلانية. لقد أدرك تشارلز داروين بالتبصر أن تطور الكائنات الحية جميعها محكوم بالانتقــاء الطبيعي، أو كما عبر جاك مونود عنه، بالصدفة والضــرورة، لكن حتــى 50 عاما أو أكثــر بعد ذلك، وبعد حيــاة كاملة من البحث العلمي وجمع البراهين من قبل داروين نفسه، ومن ثم من قبل مندل، لــم تقدر الأهميــة العلمية الكاملة للتطور من قبل رجال أكفاء مثل فيشــر، وهالدين، وإرنســت مايــر، وحديثا جون مينارد ســميث وروبرت ماي وبيل هاميلتــون. وحتى ذلك لم يتم إلا بعد مائة عام بعد داروين حين قام تلميذاه ويلسون وريتشــارد داوكنز بجعلها مفهومة للعامة. لدينا الآن تبصر غايا أن التطور الدارويني محدود بالتغذية الراجعة من البيئة المادية. ولذا فالتنفس ببساطة يضيف غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء، الذي يؤثر في كل شيء

حي على الأرض بمن فيهم نحن، وفي تطور النظام العظيم بكامله. إن نظرية غايا شـمولية وبالتالـي فهي غير مقبولة من علمـاء الأرض وعلماء الحياة العقلانيين. ويأخذ الفيزيائيون والفسـيولوجيون، المعتادون على التعامل مع أشـياء غير مدركة، غايا والمبادئ الشـمولية الأخرى علـى أنها مفيدة وهم مسـرورون بالتعامل معها. لكن لايزال هناك طريق طويل قبل أن تفهم غايا بصورة جيدة كما هو حال التطور بالانتقاء الطبيعي. أعتقد أنه من المهم أن يدعو وليام هاميلتون، الذي يعتبر أعظم علماء الأحياء في القرن العشـرين مبـدأ غايا كوبرنيقيا، ولكنه أضاف أن هناك حاجة إلى نيوتن آخر ليفسـر كيفية التحكم الذاتي لغايا من خلال الانتقاء الدارويني الطبيعي.

إن سـبب إصراري على دعوة الأرض غايـا وقولي إنها حية ليس تحيزا شخصيا، بل لأنني أرى هذا خطوة ضرورية في مسيرة فهم الجمهور والفهم العلمي أيضا لها. وحتى نشعر كلنا - بشكل بديهي - بأن الأرض نظام حي، ونعـرف أننا جزء منه، فإننا سنفشـل في التفاعل المباشـر لحمايتها وفي النهاية لحماية أنفسنا. ولم يحدث حتى العام 2004 أن أدرك قلة من الناس حـول العالم بمن فيهـم تيم فلانيري وآل غور، أن التغيـر المناخي أكثر من مجرد مشروع علمي أكاديمي وأنه حقيقة خطيرة تهددنا جميعا. وقبل العام 2004 كان الجـدال حول غايا يهمني مع عـدد قليل من العلماء فقط، ولكن الفهم الصحيح للأرض على أنها كوكب حي هو قضية حياة أو موت بالنسبة إلى آلاف الملايين البشـر، انقراض مجموعة كاملة من الأنواع. وإذا لم نقبل الأرض على أنها حية، وأننا جزء منها، فقد لا نعرف ما الذي سنفعله أو أين سنذهب مع ارتفاع منسـوب المحيطات في عالم حار وجاف. ولهذا السبب فإن اسـم غايا أكثر ملاءمة لكائن حي كبير من مصطلح باهت مؤسس على مصطلحـات علمية عقلانية. كانت غايا في اليونـان القديمة إلهة الأرض، وبالنسبة إلى العديد من اليونانيين كانت الإلهة الأكثر تقديسا، وبشكل مثير الإلهة أو الإله الوحيد التي لم تكن موضوع فضيحة.

هل لي أن أذكرك لماذا أدعو الأرض غايا؟ لقد حدث هذا في الستينيات عندمـا كان المؤلف وليام غولدنغ، الـذي حصل فيما بعد على جائزة نوبل وجوائـز عدة أخرى، جـاري وصديقي القريب. لقد عشـنا معا في قرية

بورتشوك على بعد 12 ميلا من ساليسبري في جنوبي إنجلترا. وكنا غالبا ما نتكلم في مواضيع علمية أثناء سيرنا حول القرية أو في بار القرية. وفي العامين 1968 و1969، أثناء سيرنا، جربت فرضيتي عليه، وكان مستقبلا جيدا لها، وعلى النقيض من معظم الشخصيات الأدبية فقد درس الفيزياء بينما كان في أكسفورد كطالب قبل التخرج، وفهم تماما العلم وراء فرضيتي. لقد أصبح متحمسا وقال: إذا كنت تزمع الخروج بفكرة عظيمة كهذه أقترح عليك إعطاءها كلمة مناسبة، إنني أقترح «غايا». كنت سعيدا بهذا الاقتراح، كانت كلمة وليست اختصارا، وحتى في ذلك الوقت رأيت الأرض بطرق معينة ككائن حي، وعلى الأقل إلى المدى الذي بدت فيه تتحكم في مناخها وكيميائيتها. قليل من العلماء يلمون بالآداب الكلاسيكية، ولا يعرفون أن غايا تعطى في بعض الأحيان الاسم الآخر «جي» (GE) وجي بالطبع هي المقطع الأول لعلوم الجيولوجيا والجيوفيزياء والجيوكيمياء. وبالنسبة إلى غولدنغ كانت كلمة غايا - الإلهة التي جلبت النظام من الفوضى - هي اللقب المناسب لفرضية حول نظام أرضي ينظم مناخه وكيميائيته بحيث يدعم قابليته للحياة.

ألفت معظم كتابي الأول «**غايا: نظرة جديدة إلى الحياة على الأرض**» في السبعينيات في إيرلندا. وربما بسبب الشعور الديني العميق لذلك البلد كتبت، «ليست هناك مجموعة من القواعد أو الوصفات للعيش مع غايا، هناك عواقب فقط». كان هذا تبصرا وليس استنتاجا علميا منطقيا، لكن لا شيء حدث في الثلاثين عاما منذ ذلك الوقت يجعلني أغير رأيي. لقد أعيق فهمنا للأرض بسرعة صنع النماذج في الحاسوب ونجاحها. إنني لا أقترح ولو للحظة أن عملية صنع النماذج الحاسوبية ليست عملية ممتعة ومفيدة. وفي الحقيقة ربما كان الكثير من العلم الحديث غير ممكن بدونها. تنشأ المشكلة من أنه من السهل صنع نماذج حاسوبية للعلم العقلاني للقرن العشرين، كما هو لصنع نماذج شمولية مثل نموذج غايا البسيط المعروف باسم عالم الأقحوان. وبمجرد أن يصنع نموذج في حاسوب ضخم وينتج نتيجة مقنعة - خاصة إذا تنبأ بمناخ العقود الماضية بنجاح عندما يشغل بالعكس - فإن تنبؤاته بالمستقبل تميل لأن تقبل على

أنها حقيقة. وهذه هي حال العديد من نماذج المناخ الكبرى المستخدمة الآن من قبل الـ IPCC. إن نظرية غايا شمولية ونظرية للنظام بكامله، وبالتالي لا يمكن نمذجتها بمبادئ علم الأرض أو علوم الأحياء بشكل منفرد. وتقريبا فإن العلم كله عدا الفيزياء العامة وعلم وظائف الأعضاء والهندسة هي علوم اختزالية. أي أنها تحلل شيئا ما إلى أجزاء لإظهار أجزائه النهائية غير القابلة للاختزال، كالذرات والدنا. بينما يعنى علم النظام الشمولي بالأنظمة العاملة غير المجزأة، كالأرض والكائنات الحية والأدوات ذاتية التحكم التي يصنعها المهندسون. وعدا هذه الأنظمة الديناميكية، فلايزال العلم الشمولي في طور الظهور ولا يستخدم عمليا بشكل شائع حتى الآن.

استخدمت الحاسبات أولا في العلم من قبل الفيزيائيين لمساعدتهم في حل العلاقات الصعبة وبالتعقيدات المحطمة للعقل للمبادئ الجديدة في نظرية الكوانتم. ولم يمض وقت طويل حتى استخدمها المهندسون لحل مشاكل بالصعوبة نفسها ولكنها مشاكل عملية لتطوير اختراعاتهم، ثم بنوا نماذج أظهرت صورا ثلاثية الأبعاد لأشكالهم الافتراضية على شاشة الحاسوب، وهي صور يمكن تدويرها وتحريكها على الشاشة كأنها حقيقية تقريبا. إن المهندسين أناس عمليون، وأشك في أن أيا من نماذجهم مهما بدا حقيقيا، ذهب إلى الإنتاج الضخم من دون اختبار أو تجربة نموذج مادي حقيقي. ثم بدأ علماء آخرون ببناء النماذج واستخدامها لتطوير أفكارهم وتجاربهم.

كانت الحاسبات في الستينيات والسبعينيات أقوى بقليل من الآلة الحاسبة الجيبية، وكانت لغات برمجتها غريبة. عرف أحد أشكال هذا المنطق الرياضي من لغات البرمجة بالاسم «تلميع معكوس»، ولذا فليس من المستغرب أن يتجنبها العلماء غير الرياضيين. وبحلول الثمانينيات أنتجت حاسبات قوية نوعا ما إنتاجا ضخما وكانت سهلة الاستعمال. وكما لا يملك السائق العادي أي فكرة عن عمل السيارة الحديثة، كذلك لا يملك العلماء الذين يستخدمون الحاسوب على طاولاتهم أي فكرة عن تفاصيل عمله، ولكنهم يديرونه بثقة لحل مشاكلهم. استخدم علماء الأرض والحياة الحاسبات لنمذجة دورات العناصر الكيميائية أو تطور السكان.

إن النماذج الحاسوبية مفيدة جدا بحيث لم يمض وقت طويل حتى وضع علماء الحياة والجيولوجيون أجهزتهم الحقلية في المستودع وبدأوا حياة جديدة بالعمل على نماذجهم متظاهرين بأنها العالم الحقيقي. كان هذا المصير البيغماليوني (*) - الوقوع في حب النموذج - سهلا جدا، كما اكتشفت أجيال من الناس الصغار والكبار الذين يلعبون ألعاب الحاسوب. وبالتدريج تطور عالم العلم إلى المرحلة الخطيرة التي فضل فيها بناء النماذج على الملاحظة والتجربة، وعلى الأخص بالنسبة إلى علوم الأرض والأحياء. وبطرق معينة أصبحت النمذجة من قبل العلماء تهديدا للأساس الذي يقوم عليه العلم: القبول بأن الطبيعة هي الحكم النهائي، وأن الفرضية يجب دوما اختبارها بالتجربة والملاحظة على العالم الحقيقي.

يعود البطء في قبول نظرية غايا أيضا على ما أعتقد إلى الزمن الطويل الذي تستغرقه الأفكار العبقرية. فكما أخرت أناقة الفيزياء النيوتنية ظهور الفيزياء الحديثة، كذلك أخر التفسير الصارم للداروينية قبول غايا. لدينا في العلم قول شائع : «تقاس شهرة العالم بطول الزمن الذي يوقف فيه مسيرة التقدم العلمي». ولاتزال عبقرية ديكارت، أبي الاختزالية (التحليل)، تعيق ظهور علم أرض شمولي يشكل فيه علم الأرض وعلم الأحياء علما واحدا. لقد استمر إصراره على الفصل بين العقل والجسد كتأثير بقوة بحيث إن فكرة «اللدونة» أصبحت محترمة منذ وقت قريب جدا فقط : مبدأ أن الفكر يمكنه أن يغير البنية المادية للعقل والعكس.

يصنع الفيزيائيون والكيميائيون النماذج لكنهم عادة يشعرون بمحدوديتها، ويسألون بشكل دائم تقريبا عن التحقق التجريبي. ولسوء الحظ لا يستطيع علماء الأرض وعلماء الأحياء إلا نادرا إجراء التجارب مباشرة على الأرض، وبالتالي يضطرون لأن يكونوا أقل نقاء. وفي أحيان كثيرة تؤلف البرامج التي تشكل نموذجا ما من قبل علماء حاسوب محترفين، أو تكون تطبيقات لنماذج حاسوبية تجارية. قد تكون الأفكار في تلك النماذج للعلماء، لكن النماذج قد تكون غير قادرة رياضيا على

(*) في الأساطير اليونانية، بيغماليون هو فنان نحت تمثالا على شكل امرأة ووقع بعد ذلك في حبها، وهي قصة ألهمت عددا كبيرا من الأدباء، لعل أشهرهم جورج برناردشو، الذي ألف في عام 1912 مسرحية رومانسية كوميدية تحمل الاسم نفسه. [المحررة].

معالجتها. ويبدو ذلك كما لو توقعنا أن تفعل سيارة صممت للسير على الطرقات الشيء نفسه عبر الحقول والأسيجة. ومثاليا يجب أن يكتب العلماء أنفسهم برامجهم، وبهذه الطريقة يمكن لصانع النموذج أن يتفاعل مع نموذجه وربما يمكنه أيضا أن يفهمه.

إن للثقة بصحة النماذج المصنوعة في عزلة من قبل علماء الأرض والحياة تأثيرا سيئا في فهمهم للأرض وفي قبولهم لنظرية غايا. ويعود هذا إلى أن علماء الأحياء فشلوا في إدخال بيئة تستجيب ديناميكيا، وفشل علماء الأرض في إدخال كائنات حية تتطور وتستجيب ديناميكيا للتغير في البيئة. كان هناك سبب رئيس وغير مبرر لترددهم في العمل على النمذجة عبر علوم متعددة. فرياضيات الأنظمة المتحكمة ذاتيا غالبا ما تتضمن علاقات تفاضلية من الصعب أو المستحيل حلها بالطرق التقليدية. ومن السهل جدا الانزلاق إلى الإجراء المعتاد الذي يدعى «جعل التقريبات خطية» ومن ثم نسيان وجودها مع تطور النموذج.

كان على علماء هذه الفروع المستقلة للعلم أن يدركوا أنهم كانوا على المسار الخاطئ عندما اكتشف كل من الجيوفيزيائي إدوارد لورنز، العام 1961، وعالم الأحياء الداروينية الجديدة روبرت ماي، العام 1973، بشكل مستقل أن الفوضى المحتمة تشكل جزءا من صميم النماذج الحاسوبية التي بحثوا فيها. إن الفوضى المحتمة ليست تناقضا، مهما بدت كذلك. وإلى أن بدأ لورنز وماي باستخدام الحاسبات لحل الأنظمة الغنية بالمعادلات الصعبة تشبث العلماء جميعهم تقريبا بالفكرة المريحة التي وضعها الرياضي الفرنسي بيير سايمون لابلاس في العام 1814 أن الكون حتمي، ولو عرف المكان الدقيق لكل جسيم في الكون وعزمه فسيمكن عن طريق قوانين نيوتن إظهار المسار الكامل للحوادث الكونية في الماضي والحاضر والمستقبل. جاء المؤشر الأول على أن هذا أروع من أن يكون حقيقة العام 1890 عندما درس هنري بوانكاريه تفاعل ثلاثة أجسام مرتبطة بعضها مع بعض بواسطة الثقالة بينما كانت تدور حول الفضاء، ووجد أن تصرف النظام غير قابل للتنبؤ تماما. شكل هذا عيبا خطيرا في مبدأ الحتمية، ولكن لم يتم توضيح ذلك حتى العام 1961 عندما استخدم لورنز حاسوبا أوليا ليوضح التصرف

الفوضـــوي للطقـــس ووجده غير قابـــل للتنبؤ تماما بعد أســـبوع. كان لورنز مصدر فكرة «تأثير الفراشـــة»، وهي الفكرة التي تقول إن التيارات الدائرية الصغيـــرة الصادرة عن رفرفة جناحي فراشـــة يمكنها أن تســـبب بعد فترة طويلة من الزمن عاصفة، وأظهر أن هذا يعود إلى أن أنظمة الطقس حساسة جـــدا للظروف الأولية لمصدرهـــا. ووجد ماي أن النماذج الحاســـوبية للنمو السكاني أظهرت تصرفا فوضويا مماثلا، وخاصة في الأنظمة الحيوية التي تحتوي أكثر من نوعين من الحياة. أثارت هذه الاكتشافات اهتماما واسعا بين الرياضيين والعلماء بطبيعـــة الفوضى المحتمة. وظهرت تطبيقات عملية في الاتصالات وأشـــكال فنية جديدة، على سبيل المثال تلك التوضيحات المذهلة للرياضيات الكســـرية مثل مجموعة ماندلبروت. كان إنســـانيا جدا ومفهوما ألا يقوم أي من هذين العالمين المميزين باســـتنتاج الكثير من حقيقة أن مبدأ الفوضـــى يقترح أن شـــيئا ما قد يكون خاطئا بالنســـبة إلى فرضياتهم حول العالـــم. كان لورنز وماي ينظـــران إلى النظام الأرضي من خلال فروع علمية مســـتقلة تأخذ مبدأ الســـبب والنتيجة المحتمة على أنهـــا بديهية. ومع ذلك لونظرنا إلى الطقس والنمو الســـكاني كنظـــام وحيد مزدوج بإحكام نجد أنه خـــال تماما من الفوضى المحتمة. وأكثر من ذلك فالنظام المزدوج عصي على الاضطراب ويعطي تنبؤات موثوقة. وهذا هو الســـبب الذي يجعلني ألح في توسلاتي لعلماء الـIPCC أن يضمنوا بشكل مماثل النظم البيئية الأرضية في نماذجهم بطريقة مزدوجة بإحكام ومستجيبة.

لا أوحـــي بأي حال بأن لورنز أو ماي تخبطا فـــي الفوضى. لقد كانا من أفضل العلماء وعثرا على الفوضى بشـــكل جيد، كانت لديهما الحكمة لرؤيتها على أنها فعلا اكتشاف كبير بحد ذاتها وهو اكتشاف أغنى العلم والفن.



8

أن تكون أخضر أو لا تكون

«لم يرق مبدأ غابا أو عالم الطبيعة لسكان المدن إطلاقا إلا كمجال للتسلية. لقد فقدنا اتصالنا مع الأرض عندما لم يعد طعامنا وقوتنا يعتمد بشكل فوري وواضح على الطقس.»

المؤلف

ولد والدي، توم لفلوك، في تلال بيركشاير التي تقع فوق بلدة وانتيج الصغيرة، كانت المدينة في أيام الملك الفرد عاصمة إنجلترا. قضى توم سنوات طفولته قريبا من العالم الطبيعي مثل الإنسان الصائد - الملتقط تقريبا. كان يتحدث عن عالم مختلف جدا عن ذاك الذي وصفه معاصره الروائي توماس هاردي. كان توم واحدا من عائلة من 13 طفلا ترعاهم جدتي الأرملة. عمل والدي قبل وفاته في ورشة قريبة لصنع الطوب، كانت تملكها عائلة عالم الطبيعة ج. لوسلي الذي يزين كتابه «**الأزهار البرية من الطباشير والكلس**» سلسلة كولنز «الطبيعية الجديدة». كانت العائلة

خـــلال معظم طفولة توم فقيرة جدا. لم تكن دولة الرفاه الاجتماعي قد وجـــدت، وكانت الخطوة الواضحة التالية نحو براثن الفقر هي الذهاب إلـــى الملجأ. ويذكر القليل فقط الآن هول العيش في الملجأ الذي أصاب حيـــاة الفقـــراء في العصرالفيكتـــوري. ليس لدي فكرة عمـــا إذا كانت الملاجئ بالسوء الذي وصفه ديكينز، لكن الخوف منها كان حقيقيا وقد حملـــه أجدادي على طرفي العائلة. كان على أعمامي وعماتي من عائلة لفلـــوك وهم أطفـــال أن يحصلوا على قوتهم مـــن الريف، حتى تزوجت جدتي مرة أخرى بعد ذلك بزمن طويل. كان والدي الشقيق الأكبر، ووقع عليه العبء الرئيس في جمع الغذاء. لقد أخبرني كيف ســـمح له مزارع محلي بأن يأخذ بعض اللفت مـــن حقوله، والوجبة الفقيرة التي تألفت منها. أعطي والدي الفرصة ليصبح متدربا لصياد وقد أخذها. وزودت هـــذه الوظيفة العائلة بوجبتها الأولى مـــن اللحم، حيث وصلت الأرانب والطيور إلى المنزل لتعوض وجبتهم الفقيرة. لا تقدم بعض الوظائف في الريف تدريبا جيدا على سلوك الحيوانات البرية، أو ما يعرف الآن بعلم ســـلوك الحيوانات، كما تقدمه مهنة الصيـــد. قضى توم معظم طفولته يتعلم هذه المهنة الغريبة. وبالطبع من دون الذهاب إلى مدرســـة من أي نوع، فقد كان أميا ولا يعرف الحســـاب. وعندما بلغ الرابعة عشـــرة من عمره، وربما لكونه غير مبال بسبب رجولته المبكرة، قبض عليه الحرس وهو يسرق الصيد في غابات الإقطاعي المحلي. اتهم توم بالاعتداء على ممتلكات الغير، ومثل أمام المحكمة ثم حكم عليه بـ 6 أشهر من الأشغال الشـــاقة التي قضاها في ريدنغ غاول. (حصل هذا قبل عدة أعوام من بقاء أوسكار وايلد لبعض الوقت هناك).

بعد هذه التجربة، استنتج توم بحكمة أن مهنته أصبحت الآن معروفة جيدا في وانتيج، ولذا فقـــد رحل إلى لندن. وهناك حصل على وظيفة عامـــل في صناعة غـــاز الفحم الحجري ذات التقانـــة العالية في ذلك الوقت. كان مدير مصانع فوكســـهول للغاز، الدكتور ليفســـي، كيميائيا، وســـرعان ما قـــدّر أن توم كان فـــوق الرجل العادي من حيـــث الذكاء. وعندما اكتشـــف أنه أمي، أرسله إلى معهد باتيرسي، حيث رمموا جهله

بالقراءة والكتابة والحساب. إنني فخور لامتلاكي رسالة مكتوبة بخط اليد من المعهد تسجل كفاءته. ومنذ ذلك الوقت تحسنت حياته بسرعة في العصر الإدواردي المزدهر في إنجلترا.

كان توم من أفضل الآباء، وكطفل وحيد من زواجه الثاني تمتعت برعايته الكاملة. وخلال التنزه في عطلة نهاية الأسبوع في ريف سُوي والتي كانت في العشرينيات على مسافة قصيرة بالقطار أو الحافلة الكهربائية من بيتنا في بركستون، تعلمت مهنة رجل الريف من أستاذ في سلوك الحيوانات، وطورت منها إحساسا قويا بالريف البري وتقديرا كبيرا له. ولا بد أن هذا التعلم غير المخطط مارس دورا كبيرا في حبي للعالم الطبيعي، وفي تطوير نظرية غايا وكل ما يتعلق بها.

تعلمت من توم الأسماء الشائعة للنباتات البرية مثل سيدات – و – سادة (آروم ماكولاتوم)، الدجاجة السمينة (تشينوبوديوم البوم)، وكزبرة الثعلب القرمزية (أناغيليس أرفينسيس). وفي ذلك الوقت في سفوح تشولك وجدنا «غاليوم فيرم» أو كما كان توم يعرفها، حصيرة السيدة، وفي بعض الأحيان رأينا حوذان قرمزيا رائعا انقرض الآن تقريبا وهو عين الحجل (أو أدونيس أنوا). والآن بما أنه أصبح لدينا تعريف بحسب الجينوم، ربما عادت تلك الأسماء القديمة إلى مكانتها السابقة قبل اعتناق المصطلحات الضرورية، ولكن الباهتة، للليناوس(*). أعتقد أن تلك الأسماء القديمة ضرورية لتقدير أهمية العالم الطبيعي ووضوحه، الذي أضاعته الدقة الأكاديمية الشكلية علينا.

قد يظن أصدقائي من العلماء أن من الغرابة أن أشعر بهذه الطريقة حول علم النبات الحقيقي، لكن الشاعر أوغدن ناش عبر عن شعوري في أبياته:

أقدم لك الآن بروفسور تويست،
عالم وجداني.
تعجب الأوصياء، «إنه لا يخطئ أبدا!»

(*) كارل ليناوس (1707 – 1778)، هو طبيب وعالم حيوان وعالم نباتات سويدي، وضع أسس التصنيف العلمي الحديث، الذي يعتمد على المواصفات الجسدية في تصنيف الكائنات الحية. [المحررة].

ولذا أرسلوه إلى غابات بعيدة.
وبتخييمه على ضفة نهر استوائي،
افتقد يوما عروسته المحبوبة.
وكما أخبره الدليل بعد ذلك، فقد أكلت من قبل تمساح أمريكي.
لم يتمالك البروفسور تويست أن يمنع نفسه من الابتسام،
«أنت تعني، كما قال، «تمساح».

نعيش أنا وساندي الآن في كومبي ميل. لم تكن في الأصل أكثر من كوخي عمال ضمهما مالك سابق ليجعل منهما منزلا بثلاث غرف. بنيت على ما يدعوه الناس في ديفون بالهامز، وهي المروج المائية لنهر كاري الذي يمر عبر الطاحونة. عندما وصلت العام 1977، كانت الطاحونة وبيت الطحان خربتين ولا أمل في إصلاحهما. كانت الأبنية في ذلك المكان جميعها مبنية من الكوب، وهو مزيج من القش والطين يعرفه المكسيكيون بالأدوب (لبنات الطين): وهي مادة بناء جيدة لكنها طبيعية تبقي المنزل دافئا في الشتاء وباردا في الصيف. ويشتهر الطقس هنا بأمطاره الشديدة ورياحه القوية، وهو غير مثالي لبناء من الطين والقش، لكن صديقي البناء المحلي أخبرني: «ستكون جيدة ما بقي رأسها وقدماها جافين»، وعلى الرغم من الريح والمطر بقيت جدران كوخنا من الكوب قوية ومتينة لأكثر من 250 عاما. صنع السقف من شرائح الديلابول، ولايزال العديد منها في مكانه؛ حيث أبقت هذه الشرائح مع بعض المدامك من الصخر المحلي في الأسفل الجدران من الكوب جافة. ثم تدهورت المطحنة والطاحونة نفسها بسرعة حالما فشل السقف في وقف المطر.

لم تكن طاحونة كومب ميل مجرد طاحونة عادية لطحن الحبوب، بل كانت ورشة عمل بمخارط وطاولات للنشر، يجلب إليها المزارعون المحليون أخشابهم لتحويلها إلى أشياء مفيدة. وعلى الرغم من أن «الطاقة المتجددة» - الطاقة المائية - كانت أقل اقتصادية بكثير من شراء الكهرباء من الشبكة الوطنية فإن الطاحونة كانت مشروعا رابحا حتى الستينيات. ثم حصلت أشياء عدة. أولا غيّر النهر مساره،

ثــم جف المجرى الــذي زود دولايب الطاحونة بالميــاه، ثم أغلق الخط الحديــدي الذي يمــر بالقرب من الطاحونة. وكانــت المصيبة الأخيرة وصول الكهرباء الريفية، التي جعلت أي محاولة من قبلنا لإعادة تأهيل الطاحونة عقيمة.

لا بد أن كومب ميل كانت قبل الســتينيات مكانا مثاليا على الطريقة الريفية الطبيعية. كانت بحيرة الطاحونة عامرة بالأســماك، وفي النهر كان ســمك الســلمون البحري والنهري يسبح ويعشــعش على ضفافه. حتــى عندما وصلنا في أبريل من العــام 1977 كان غناء الطيور يملأ الهواء، ولاحقا في ذاك العام أســعدنا الأزيــز منخفض النبرة للدبابير وهي تمضي في طريقها بعناد، وخلافا لأبناء عمومتها من الزنابر فإنها لم تضايقنا أو تستقر علينا. وحتى القضاعات جاءت لزيارتنا. ومن نواح عدة كانت كومب ميل آنذاك بمنزلة حلم حياة جيد تحقق. وبالنسبة إلى زوجتي الأولى، هيلين، التي كانت آنذاك مصابة بتصلب أنسجة متعدد، كانــت العزلة (كان أقرب منزل على مســافة نصف ميل منا) نعمة بعد الاهتمام المقلق جدا في منزلنا الســابق في قرية باورتشوك، التي كانت أقرب بـ 130 ميلا إلى لندن. وبالنســبة إلى شخص انعزالي مثلي، فقد كان مــن المريح أن تحب هيلين العزلة كما أحبهــا. كنا في عمق الريف الطبيعي بأربعة عشــر فدانا من المروج، والتي أصبحت خمسة وثلاثين سريعا بعد ذلك. كنت في ذلك الوقت عالما مهتما بعمق باستنزاف طبقة الأوزون بواســطة مركبات الـCFC لم أختر أن أنخرط في هذا الموضوع البيئي المســيس الذي أثار في ذلك الوقت الاهتمام نفســه الذي يثيره موضــوع تغير المناخ اليــوم: الحقيقة هي أنني بــدأت ذلك بالمصادفة! لقــد حدث ذلك لأنني اخترعت الجهاز الــذي يقيس تركيز مركبات الـ CFC وكما لو كان ذلك غير كاف، فقد حســبت أيضا أن هذه المركبات غير الضارة ظاهريا تتراكم فــي الهواء بدون توقف. ونتيجة لذلك كان من الصعب تجنب العمل على تلك المشــكلة الجوية. جاء الضغط الأكبر للعمــل في هذا الموضوع مــن الحقيقة الغريبة وهي أننــي كنت العالم الوحيد فــي العالم الذي كان يقيس تركيز مركبــات الـ CFC في الجو

بدقـة معقولة؛ وقد يبدو هذا التصريح تفاخرا زائفا، لكنه ليس كذلك. وللقيـام بعملي كنت بحاجـة إلى مختبر بعيد عـن أي مصدر لإطلاق هـذه الغـازات بالمصادفة، مثل براد يهرّب أو علبـة بخاخ. كانت كومب ميل بأربعة عشـر فدانا من ريف مؤلف من المـزارع الصغيرة والبعيدة مثاليا. كانت مهمتي الأولى أن أرتب مع مهندس معمار وبناء محلي بناء مختبر قريب من المنزل. ومع أوائل العام 1978 كان المختبر مبنيا ويعمل بالكامل. ولكن ما الذي يمكن أن أفعله بأربعة عشـر فدانا من الحقول الصغيرة المحاطة بسياج قديم؟

ويـذا بدأ لقائي الكارثـي الأول والأخير بالوقود الحيوي. قرأت في «مجلة فارمرز ويكلي» أن الأمير تشـارلز ركّب في مزرعة قريبة غلاية تحرق العشـب للتدفئـة المركزية. وفكرت ببراءة، «كـم هي فكرة رائعة لتدفئة كومب ميل: مع وجود عشب كثير سيكون هناك وقود كاف ويمكن بيع الفائض». اشـتريت إحدى هذه الغلايات المصنعة بشكل خاص من شركة في هاثرلي القريبة وركّبتها في بناء خارجي ووصلتها إلى البيت. كان قص العشب وحزم رزم منه عند نهاية الموسم من عمل مزارع لطيف يعيش بالقرب - المشكلة الوحيدة هي أنه رفض الأجر، وقال إنه ببساطة يساعد جاره. كانت التعليمات هي وضع رزمة من القش في الغلاية التي كانت على شـكل أنبوب أسطواني، وإشـعال أحد طرفي الرزمة كما لو كانت سيجارة. وإذا أغلقت الباب فإنها ستشتعل وتسخن الماء ولا تتطلب اسـتبدالا لمدة 12 سـاعة. وبالنسـبة إلي كان هذا كله اقتصاديا جدا وصديقا للبيئة. كان ثاني أكسـيد الكربون المنبعث من الغلاية مستعارا من العشـب من هواء السـنة السـابقة، ولذا فقد كنا نقوم بإعادته إلى الجو فقط.

كانت تلك هي النظرية، ولكني عمليا وجدت سريعا أن الغلاية كانت أكبر من قدرة رجل مشـغول للعمل عليها، لأنها نادرا ما بقيت مشـتعلة لأكثر من سـاعة واحـدة، وخطر لي أنه ربما كان لدى الأمير تشـارلز عدد من المساعدين الزراعيين يعملون على هذه الغلاية الحارقة للعشب والحفاظ عليها مشـتعلة. وفي الشتاء البارد وحيث أصبحت يائسا من

متطلبات هذه الغلاية المزعجة جربت المحاولة الخطرة بحقن الأكسجين في أنابيب الهواء، كنت أعلم أن زيادة ولو 1 في المائة من الأكسجين في الهواء الداخل تضاعف تقريبا فرصة بقاء النار مشتعلة. لقد ساعد هذا قليـــلا، ولكنها كانت بالكاد طريقـــة اقتصادية أو صديقة للبيئة للتدفئة المركزية. واقترح صديق يعمل في الغابات اسمه السيد توماس بلطف أن جذوع الشجر أسهل في الاحتراق وأن لديه الكثير منها. اشتريت حزمة منه بسعر رخيص للغاية وبعد ذلك أصبحت الحياة سهلة بعض الشيء. ثم حصل ما يشـــبه الكارثة، في شتاء العام 1980 غُطي الممر الحجري خارج مبنى الغلاية بالجليد، وعندما ذهبت لأقدم حزمة من الأخشـــاب مستخدما جراري الصغير تزحلق على الجليد وسقط في منحدر قريب وانقلـــب، بحيث رماني تحت مقود الجـــرار. أغلقت المحرك (الذي كان الآن يعمل وهو مقلوب) واســـتطعت بمجهود خارق أن أسحب نفسي من تحـــت المقود. لم أكن أتألم كثيرا واســـتطعت أن أتجول، ولذا افترضت أنني نجوت بالحظ. لكنني استيقظت في الليلة التالية في الفراش بوجع أليـــم في فخذي، وافترضت بغبـــاء أن عضلات رجلي تأثرت بالحادثة. واكتشـــفت بعد عدة ســـنوات أنني في الحقيقة تحطمت كليتي اليسرى وأصبحت غير صالحة للعمل.

أعيد الجرار ســـريعا إلى العمل، ولكنني لم أحســـم ما الذي كنت أســـتطيع فعله بعشـــب أربعة عشـــر فدانا من الأرض. عندها فقط خطـــر لي أن الشـــيء الصحيح هو ترك أرض كومـــب ميل تعود إلى الطبيعـــة، إلـــى غايا. ولأنني رجل عجول كانـــت خطيئتي التالية هي أن أفتـــرض أنه يمكن تســـريع العودة إلى الطبيعة بغرس الأشـــجار. أردت أن أقوم بذلك بالشكل الصحيح، ولذا فقد طلبت نصيحة بيئي مختص بالغابـــات، وقد زارني ليتفحص الموقع وأرســـل إلي خريطة تبين المواقع التي يتوقع أن تنمو فيها الأصناف المختلفة من الأشـــجار بشـــكل طبيعي، - الصفصاف وجار المـــاء على ضفاف النهر، البلوط والدردار في الحقول، وأشجار محلية متفرقة أخرى، بما فيها شجرة القيقب الإنجليزية، وشـــجرة المسافر، وشجر القضبان والزان. بدت

كلها الشيء الصحيح والصديق للبيئة، وبالمناسبة، فهي تقدم حياة من المتعة خلال السفر في الجو.

لماذا كان من الخطأ غرس الأشجار؟ ما كان يجب أن أفعله هو أن أكون شجاعا وأترك الحقول وحدها بحيث تقوم غايا في الوقت المناسب ليس بزرع أشجار فقط، ولكن بزرع نظام غابة بيئي كامل. إن الغابة أكثر من مجرد أشجار : هناك التربة التي تزخر بالحياة عند كل مستوى من البكتيريا إلى الديدان والخنافس وحتى الخلد والغرير، ثم فوق الأرض هناك نباتات قرب سطح الأرض، الأحراش، وبالطبع الطيور والحيوانات التي تحتل ما أصبح الآن غابة حقيقية. ولحسن الحظ زرعت ثلثي الخمسة والثلاثين فدانا فقط بالأشجار - عشرين ألفا منها. وعلى الثلث الذي كان مرجا سمحت بأشجار وشجيرات مزروعة ذاتيا لتأتي من الأطراف. هناك نظام حول هذا النمو الطبيعي، تفشل الصفوف المنتظمة من الأشجار المزروعة في إظهاره. الآن يتغير المناخ وربما لن تبقى الأشجار المزروعة، لكن النظام البيئي الطبيعي يمكن له أن يتطور ويغير تنوع أصنافه، وأن يتأقلم مع أي مناخ جديد.

وكالعديد من سكان المدن الذين يقطنون في الريف، تصورنا عندما انتقلنا إلى ديفون لأول مرة أن سيارة دفع رباعي ستكون ضرورية، وخاصة في الشتاءات المثلجة منذ ثلاثين عاما. لقد صحّحنا منذ زمن هذا الخطأ، ونقود اليوم هوندا جاز صغيرة لكنها واسعة ونتنقل ليس أكثر من ستة آلاف ميل في السنة. كان حانوت القرية الملاصق لمركز البريد على بعد ميلين، وكنا نذهب دوما مشيا إليهما. ولم يكن من الممكن تجنب الزيارة الأسبوعية للسوق الكبير في لاونسيستون، كما هي حال الزيارات المتكررة إلى اكستر على بعد 45 ميلا للركوب بالقطار إلى لندن والعالم. تنار كومب ميل بمصابيح «فلوريسانت» منخفضة الطاقة كما كانت منذ ثلاثين عاما. وعندما لا تستخدم تبقى حواسبنا في حالة الاحتياط أو تغلق. ويجب أن أسارع بالقول إننا اخترنا هذه الأجهزة والإجراءات منخفضة الطاقة ببساطة لنتجنب الهدر. ولأننا ترعرعنا في أوقات الحرب والانكماش الاقتصادي، فقد طور سكان كومب ميل غريزة تجاه نمط الحياة المتقشف.

كانت عائلة لفلوك بطيئة في تبني نمط حياة غايا الحقيقي. إن الطريق نحو الفضيلة مزروع بالأخطاء الغبية. وقد سجّلت مسبقا بعض هذه الأخطاء، لكن الخطأ الذي أتذكره بشغف كان محاولة العام 1978 لعيش «حياة صالحة» قائمة على البستنة ضمن حد الكفاف. كانت هناك خمسة أفدنة من الحقول خلف بيتنا، وقد شجعني مقال في مجلة يوصي بزراعة البطاطا تحت غطاء من البلاستيك الأسود. وضعت صفيحة من البولي إيثيلين الأسود بمساحة 10 م2 فوق عشب الحقل، وثبّتها بالأرض لأمنعها من الطيران مع هبوب الريح. ثم أحدثت سلسلة من الشقوق العرضية في البلاستيك بسكين ستانلي، وحقنت بذور البطاطا في كل منها. لقد حجب البلاستيك الأسود الضوء عن العشب، ولذا هلك العشب وأصبح على شكل سماد عضوي تتغذى البطاطا عليه. وحقا نمت البطاطا وبسرعة برزت الأوراق والأزهار الجيدة من سطح البلاستيك الأسود. وعندما حان الوقت لحصاد محصولي، قمت بنزع الصفيحة ورفعتها من إحدى الزوايا. كان حقا محصولا رائعا، وانحنيت لألتقط حبة البطاطا الكبيرة الأولى ثم قفزت بعيدا. كانت الصفيحة بكاملها تحفل بحركة الأفعى أدرز، وهي الحية السامة الوحيدة في إنجلترا. لقد زحفت تحت الصفيحة لتستمتع بالدفء المحصور من الصفيحة السوداء، ووجدت مصدرا لا ينضب من الغذاء من القوارض الصغيرة التي أتت من الجوار لتأكل البطاطا. هنا كما فكرت كان النظام البيئي التام: ازرع البطاطا بهذه الطريقة وسوف تحصل على الأفاعي لحراسة المحصول. وللأسف لم يتحقق هذا لأن الشتاء التالي كان الأبرد الذي خبرناه حتى الآن. فقد هبت عاصفة من الثلج الناعم كالغبار طيلة إحدى الليالي وعزلتنا عن بقية إنجلترا لحوالي أسبوعين. وأعاق تراكم الثلوج حتى علو 3 أمتار الطرقات، وهبطت درجة الحرارة في كومب ميل إلى 4-°ف. وفي السنة التالية عندما جاء الصيف اختفت أفاعي الأدرز وأفاعي الأعشاب جميعها، وكذلك اختفت آمالي بمزرعة بطاطا وأفاع. وتساءلت عما إذا كان البرد أو الثلج الكثيف هو الذي قتلها. ومهما كان السبب فإنه يظهر أنه حتى

في الدفء النسبي لجنوب غرب إنجلترا يمكن للطقس الاستثنائي أن يحدث. لم يحدث شيء كهذا خلال الثلاثين سنة اللاحقة، ولكن في أربع مناسبات على الأقل، حتى العام 1990، تجمد نهر كاري السريع الذي يمر عبر الطاحون بما يكفي للمشي عبر عرضه البالغ 15 ياردة. ومنذ ذلك الوقت جعل ميل الاحترار العالمي الشتاء معتدلا بهطول ثلجي قصير يذوب بسرعة، وبحيث لا يهبط الجليد إلى أقل من 23°ف. ولا يظهر النهر حتى ولا شظية من الثلج على حافتيه.

وقعت في الخطأ نفسه تقريبا بتصور أن مزرعة الدبابير ممكنة. فبعد وصولنا إلى كومب ميل بوقت قصير، دهشنا وفزعنا قليلا من كثرة الدبابير. والدبور الإنجليزي أكبر بكثير من الدبور الأمريكي الصغير الأسود والأصفر الأكثر إزعاجا، إنها حشرات ضخمة بطول 2 بوصة أو أكثر، وبحلقات بنية غامقة وصفراء محمرة حول بطونها. إن لسعتها قوية ولكن (كما ذكرت) فإن سلوكها آمن. إنها آكلة لحوم (Carnivorous) تفضل أكل الحشرات الأخرى على أكل المربى والطعام الحلو. إنها لا تسبب مشاكل على الإطلاق ما لم يحرك عشها بشدة، أو تجلس على إحداها بالمصادفة. وقد أخبرني مزارع محلي «أنت محظوظ لوجود الدبابير، لأنه لو كان لديك دبور فلن تزعجك الزنابر». كان محقا، ولكن كغبي تصورت في ذلك الوقت أنه يمكن تشجيع أعشاش الدبابير وأن الملكات تحصد لتخدم كوسيلة صديقة للبيئة لإيقاف الزنابر.

وببطء، كما ترى، أصبحنا فضلاء بيئيا كما هو عملي، ولكننا أدركنا أن هذا ربما لم يكن كافيا. وربما استطاعت ساندي وأنا أن نعيد بناء طاحونة الماء وتوليد الكهرباء. ومن المفيد أن حكومتنا ستكافئنا الآن بشكل كبير بمعونة لو ركبنا توربينا ريحيا، ولكنها حتى وقت قريب ثبطت الاستخدام الخاص للطاقة المائية. لم نشارك في الضجة حول الطاقة الصديقة للبيئة ونراها غير ناضجة ومدفوعة بعقيدة خاطئة وبجشع المصنعين والمطورين الذين يشمون الربح السهل من الدعم المضمون من الإلزام بالطاقة المتجددة. نحن سعداء بأخذ الكهرباء التي نحتاجها

من الشـــبكة الوطنية : فالطاقة المنتجة منزليا ربما تكون خطيئة أخرى. ففي بلادنا الصغيرة المكتظة بالســـكان فإن إنتاج الكهرباء في محطات طاقـــة كبيرة وكفؤة أفضل من الإنتاج الفـــردي الخاص. إننا ندعم بقوة برنامجا وطنيا ينتج الطاقة بشـــكل رئيـــس من المفاعلات النووية الأقل تلويثـــا بكثير، والتي هـــي الآن الأكثر اقتصاديـــة وموثوقية بين مصادر الطاقة الصديقة للبيئة. وكنا ســـنرحب بمولد حرارة نووي مركب بشكل جيد في كومب ميل لو كان بإمكاننا ذلك.

اعتقدت أنا وســـاندي أننا من الخضر لأننا عشـــنا حياة صالحة في الريف وزرعنا الأشـــجار. اعتقدنا أن التنمية المســـتدامة والطاقة المتجددة بـــدت منطقية. وعندما كنت يافعـــا اعتقدت، كما فعل ألان بينيت، أنه لا يمكن لشـــخص ذكي إلا أن يكون اشتراكيا. الآن انتقلت مـــن جهة لأخرى، وتغير لوني مـــن الأحمر إلى الأخضر - كيف يمكن لأي شـــخص ذكي أن يعتقد غير ذلـــك؟ كان من الصعب تقبل حقيقة أننـــا نحـــن الخضر غزاة إمبرياليـــون من المدن، نجتـــاح ما تبقى من الريف الإنجليزي، وبكبرياء مريدين مؤمنين نعمل على تغييره لصالح عقيدتنـــا الجديدة. لقد خطـــر ببالي أننا نحن الذيـــن نعيش الحياة الجيدة نشبه المبشرين المسيحيين الذين كانوا من دون أن يعلموا رواد الاستعمار الإمبريالي؛ ومثلهم، كنا حراس الحضارة المدنية التي كانت ستقهر الريف قريبا وتجعل سكانه مثلنا. لقد تبين مدى خطئي وخطأ الكثيريـــن من الحركة البيئية من لقاء قصيـــر مع جاري المزارع بيللي دانييل أثناء سيرنا بالقرب من كومب ميل، لقد قال بطريقة صديقة : «هل تعلم أنك ستفلس قريبا؟»

وسألته: «لماذا ترى ذلك؟»

قال بيللي: «لم يكسب أحد هنا مالا بغرس الأشجار».

كان محقـــا. كانت نواياي الخضراء الطيبة غير اقتصادية - على الأقل كانـــت كذلك في ذلك الوقت. وبعد عشـــر ســـنوات أو أكثـــر بقليل قررت المجموعة الأوروبية دعم التصرف الصديـــق للبيئة، وبالتالي أصبح غرس الأشـــجار مربحا بعض الشـــيء. كانـــت عائلة دانيال والعائـــلات المزارعة

الأخرى في غرب ديفون تعيش في توازن طبيعي مستقر كجزء من النظام البيئي. لقد تجنبوا لفترة طويلة مأساة المشاع باستخدام أسيجة تحدد حدودا واضحة وقانونية لأراضيهم. وماعدا ذلك كانوا رعاة يرعون الأغنام والأبقار على المروج العشبية الغنية.

قبل أن تفجّر راشيل كارسون قنبلتها الخضراء، كانت الصداقة للبيئة شيئا ممتعا - كانت احتفالا بجمال العالم الطبيعي وترتيبه الأنيق، وكان هذا الشعور هو الذي دعا العديدين لمناصرة الحركات البيئية أو الانخراط فيها. كان التلوث والضبخة أشياء تحدث لهواء المدن، وتجعل الحياة بائسة لأولئك الذين كانوا يعيشون في لوس أنجلوس أو لندن أو مدن أخرى عديدة. كان العالم الطبيعي موجودا خارج المدن، وبدا غير ملموس وغير متأثر، ولم ندرك بأي حال أن الأعداد المتزايدة باستمرار من الناس بدأت تدمّر عالمها بلا مسؤولية. ثم أرتنا راشيل كارسون في الستينيات أن منتجات صناعاتنا - المبيدات التي يستخدمها المزارعون - كانت تقتل الطيور في الريف بأعداد كبيرة. لقد أشّر كتاب «**النبع الصامت**» إلى نقطة تحول فصلت العالم البريء القديم للطبيعيين والشعراء بشعور من الدهشة بجمال الأرض، عن عالم جديد لسكان مدن جهلة، لكنهم بحكمة المدن يحملون نظرة عاطفية للطبيعة. وسأكون مسرورا لو علمت أن أي شخص استخدم الكلمة «أخضر» بالمفهوم الطبيعي الأقدم قبل أن تصبح كلمة تدل على اعتقاد بيئي إنساني. هل رأت كارسون نفسها قبل أن تكتب كتابها على أنها «خضراء»؟ في السبعينيات توقفنا عن تنوّرنا بميزات العالم الطبيعي، وبدأنا نرى الطبيعة ونسمعها من خلال الصور التلفزيونية، وكان ما نراه غالبا مشوها أو محمّلا بأفكار الشخص الذي يقدمه. وفي بعض الأحيان كنا محظوظين ورأينا العالم الحقيقي للطبيعة من خلال عيون مقدم تلفزيوني موهوب يحب الطبيعة، ولكنه غالبا كان وصفا مسيسا عن التلوث الناجم عن الصناعة. كان لأصدقاء البيئة بهذه الطريقة شعور بالذنب والندم، ومعرفة متزايدة جلبت مرة الحكمة والمتعة والفهم وأكدت أن بصماتنا الكربونية أشد سوادا من الخطيئة.

ومن سن الطفولة إلى الآن فكرت بنفسي كشخص يريد أن يعيش الحياة الطبيعية ويحترم الحياة البرية والبراري. وجعلني هذا أقضي معظم وقت فراغي في الريف الإنجليزي، وترعرعت لأحب ذلك. لم تكن صدمة «**النبع الصامت**» وحدها هي التي أيقظتني من سذاجتي. كانت الستينيات هي الوقت الذي استنفد فيه التحول لاستخدام الآلات والإنتاج الزراعي الضخم الريف من الحياة البرية. لقد اعتبر المزارعون دوما الأشياء الحية، عدا الحيوانات الداجنة والمحاصيل والمساعدة المأجورة والأقارب، غير مرغوبة، والآن زودت الصناعة المبيدات. وفقط في الأجزاء النائية من بريطانيا بقي شيء يشبه الريف القديم. وبالنسبة إلى معظم المزارعين بدأت متع الحياة المدنية تملأ عقولهم وتعجل انفصالهم عن الطبيعة. والآن في القرن الحادي والعشرين يسيطر عالم البشر في المدن، ويوجد الريف كأحد خدماته فقط، حيث يستخدم كنظام داعم للحياة: مكان للمزارع التجارية، ووحدات للصرف الصحي، وخزانات المياه، والآن مواقع واسعة للطاقات البديلة التي تحافظ على المدن مضاءة بما يبدو أنها طريقة خضراء تماما. تحول ما بقي من الريف بسرعة إلى مجموعة من الحدائق ذات وظيفة خاصة متصلة بسهولة بطرق السيارات.

على الرغم من هذا لا أزال صديقا للبيئة بمفهوم بداية القرن العشرين، بأفكار تشكلت من تلك الفلسفة الجيدة القديمة. إنني أعلم أنني من الطراز القديم تماما، ولكنني أعترف أنني مسؤول جزئيا، بقصد أو من دون قصد، عن التحول من الاستمتاع البسيط والصديق للبيئة إلى اعتقاد ضيق محدود. وعندما ندّعي أن راشيل كارسون هي من أسس الحركة البيئية ننسى أنه كان لها مثل علماء الطبيعة من المدرسة القديمة حب بريء للريف والبرية ظهر في كتبها الأخرى وخاصة كتابها «**البحر حولنا**». أدى التحول من تحذيرها بأن صناعاتنا تهدد الحياة البرية إلى التحذير بأنها تهددنا كأفراد إلى ظهور العقيدة البيئية المتطرفة. كان هذا هو سبب التحول من شخص صديق للبيئة يمتلك شعورا بالدهشة، مع اهتمام بالعالم الطبيعي، إلى متحزب وإلى

قضية سياســية جدلية، لم تكن في أحســن الأحوال أفضل من النزعة الانســانية في المسيحية أو من الاشــتراكية، وفي الأسوأ سوى تطرف فوضــوي. كان دوري فــي حدوث هذا التغير هو تمكــين العلماء الذين اســتخدموا اختراعي الـECD ليبرهنوا بصورة قاطعة حقيقة ادعائها: لقد انتشــرت المبيدات والمواد الكيميائية الســامة الأخرى في كل مكان فــي العالــم. ووجــد بعــد ذلــك أن مركبــات الـCFC تتراكم في الهواء وتهدد كيان حزام الأوزون.

تطورت الفلســفة الصديقة للبيئــة بطريقة معقــدة. ولاتزال هذه الفلســفة متشــعبة وتفشــل فــي التحدث بصــوت واضــح وحيد. إن الاختلافــات بين المدن والريف والحيــاة البرية تعود إلى ألفي عام على الأقل: أشــار سقراط إلى أن لا شيء مهما يحدث خارج أسوار المدينة. ولعنت أجيالٌ من الفلاســفة الطبيعيين بمن فيهم رَسْكِنْ، وثورو، وجون ستيوارت ميل، وشعراء مثل بليك، ولونغ فالو، ووردزورث عواقب الثورة الصناعية. واهتمت جماعــات البيئة الأولى مثل صندوق الحياة البرية العالمي، وأصدقاء الأرض، ونادي ســيرا بشــكل رئيــس بالحياة البرية وضيــاع الريف أو البرية. ولم يحدث حتى الســتينيات أن جعلنا التقدم في العلم ندرك أن المبيدات والسموم الأخرى انتشرت حتى وصلت إلى طائــر البطريق في القطــب الجنوبي، وأنها فــي الحقيقة موجودة في جسم كل شخص على الأرض. لم يعد الخطر المتصور منحصرا بالحياة البرية فقط، إذ أصبح يعتقد الآن أنه تهديد حقيقي وخطير على البشر. ولم يمض وقت طويل حتى حصل دمج آخر بين فلســفة البيئة وفلسفة اليســار. لقد قيل بأن الســموم الصناعية هي نــواتج صناعات لا تهتم إلا بالربح. وأصبح اليســار قادرا على القول بأننا جميعا ضحايا أعداء الماركســية القدامى، وهم الرأســماليون – فهم الآن لا يستغلوننا فقط بل إنهم يســمموننا أيضا. وتشوهت النوايا الصديقة للبيئة أكثر عندما اتحدت بالمنظمات المحترمة جدا المضادة للأســلحة النووية. ويتفق كل شــخص تقريبا على أن استخدام السلاح النووي في الحرب أمر سيئ، وكان هــذا الانصهار بين التفكير الصديق للبيئة والدعوة للســلام وراء

تشـــكيل حركة السلام الأخضر (غرين بيس Greenpeace) كانت هناك أسباب جيدة للاعتراض على التمادي المجنون في اختبار أسلحة نووية أقوى، لأن العالم أصبح العام 1963 ملوثا تماما بالنشـــاط الإشـــعاعي نتيجة لذلك.

لم أكن أبدا مناصرا متحمســـا لأي مـــن هذه الحركات، لأنني كعالم عامل عرفت أن حساسية الأجهزة التي استخدمناها لاكتشاف الإشعاع والمـــواد الكيميائية دقيقـــة جدا بحيث إنه يمكن تحديـــد آثار منها أقل بـــآلاف أو ملايين المرات من الكمية المؤذية بســـهولة. وفي الحقيقة لم يكن هناك أي تلوث مهم بالمواد الســـامة فـــي أي مكان، عدا عن مواقع اختبـــار القنبلة الذرية، أو على المزارع التي تنثـــر عليها المبيدات. وفي زمن كارســـون عانت الحياة البرية وخاصة الطيور بشـــدة من تجاوزات الزراعة التجارية، وليس من التســـمم بالمبيـــدات فقط، ولكن أيضا من إزاحة مواقع التعشـــيش في الأســـيجة والتغيرات الضخمة الأخرى في إجراءات الزراعة التي أثرت بشـــدة فـــي مواطنها. لقد اهتمت الحركة الصديقة للبيئة بما حدث للناس الذين يستهلكون طعام المزارع، وبشكل هامشي فقط بالعالم الطبيعي.

كان التضخيـــم المنحـــوس لكن المحتّـــم للخوف من المواد الســـامة والمســـببة للســـرطان الطريقة التي موّلت البحث العلمي في النصف الثاني من القرن العشرين. وعرف الباحثون الشباب أو الطموحون أن تقدمهم يعتمد على نشر أوراق علمية يرجع إليها باحثون آخرون مرارا والتي كانت مثيرة بما يكفي لتشـــبع نهم وســـائل الإعلام لقصة. وكان اكتشاف أن مادة كيميائية شـــائعة الاستخدام، كمنظف المطبخ، سامة لصنف من الحيوانات بمنزلة اكتشاف عِرْقٍ غني بالذهب بنحو مؤكد. ثم كان اكتشـــاف وجود هذه المادة الكيميائية في سلســـلة غذاء البشر كافيا لبدء قصة خوف في وسائل الإعلام، في المقابلات، على الراديو والتلفـــاز، وأعمدة الصحف. أما كون المقدار المكتشـــف في السلســـلة الغذائيـــة أقل غالبـــا بملايين المرات من الجرعة الســـامة للإنســـان فـــكان أمرا مهملا. وهناك عدد من المـــواد الكيميائية المختلفة في كل

منــــزل، ولذا نمت هذه القصص، وقبل مضي زمن طويل منحت العمل للمحامين والمشـــرّعين وأصبحت العملية صناعة قائمة بذاتها. يصف القاص الملهم مايكل غريشتون في كتابه «**حالة خوف**» هذا التلاقي في المصالـــح الذي يربط العلماء الأكاديميين ووســـائل الإعلام وجماعات الضغط البيئية والمؤسسة القانونية. في قصته كانت القضية مؤامرة، لكن في الحياة الواقعية فإن التجاذب بين الفرقاء المعنيين كاف ليجعل المؤامرة غير ضرورية. يجب ألا ننسى أبدا أن ارتباطات من هذا النوع يمكـــن أن تســـبب أذى كثيرا. ويمثل الحظر غير الحكيـــم والمبالغ فيه على استخدام الـDDT بسبب إشاعات أنه قد يكون مسرطنا للإنسان مثـــالا واضحا على ذلك. إن الـDDT المســـتخدم بشـــكل معقول رادع قوي لانتشار الملاريا من البعوض في المناطق الاستوائية، بحيث قدرت منظمة الصحة العالمية WHO أن حظره أدى إلى موت الملايين وعجز مئـــات الملايين. ومنذ عام 2006 دعمـــت منظمة الصحة العالمية بقوة استخدام الـDDT لمكافحة الملاريا.

وكمـــا قلت عملـــت الحركة البيئية في الشـــطر الأخيـــر من القرن العشـــرين في معظمها ضمن اليسار السياسي. ثم نقل الإدراك البطيء بأن الرأســـمالية تعمل أفضل من معظم النظم الاشتراكية، والذي سرّع بانهيار الشـــيوعية السوفييتية في روســـيا وأوروبا، التفكير البيئي إلى أرض ليبرالية إنسانية عالية رأت التهديد للأرض وفق العواقب المباشرة لرفاهيـــة الناس. لكن لا يزال هناك عدم إدراك أن الأذى لنظام الأرض غايـــا هو فـــي النهاية أخطر من الأذى للإنســـانية. وببطء خطر لنا أن الأرض قد تكون أقوى منا، وأنها تهددنا الآن وأننا أخيرا نسمع الصرخة «علينـــا أن ننقذ الكوكب!»، ولايزال هناك على مـــا أعتقد طريق طويل يجب أن نمضي فيه.

يقترح نايجل لاوسون أن الحركة البيئة الحالية هي بمنزلة دين جديد. وإلى حد ما فإنني أتفق معه كشخص كنت يوما أخضر على الطراز القديم: إننـــي منزعج للأهميـــة الرمزية لعنفـــة رياح ضخمة مركبـــة على هضبة خضراء. ويبدو أنها تســـخر من الصليب. وترى هذه الأيقونة الجديدة في

إعلان بصفحة كاملة لشــركات الطاقة، وعلى الأخص تلك الشركات التي تبيــع الطاقة من الوقود الأحفوري. إنها تطهّر نفاقهم ونواياهم في المضي بالعمل كالمعتاد، وهم يعلمون أن طاقة الرياح؛ بســبب عدم كفاءتها، ليست تهديدا لمجال عملهم الرئيس.

عشــت في الستينيات عدة ســنوات في هيوستن، تكساس، وعملت في مجال التحديات الجديدة والمثيرة للســفر فــي الفضاء. لكنني في حياتي اليومية لم أســتطع إلا أن ألاحظ الأخلاق القاسية ولكن الطيبة للمعمدانيــين الجنوبيين. كان الأبرز من اعتقاداتهــم الضرر من تناول الكحول، وعلى النقيض مــن أوروبا، أو حتى من نيو إنغلاند، فقد حرم القانون في تكساس في ذلك الوقت المتعة غير الضارة لكأس من الخمر تقدم فــي مطعم مع وجبة الطعام. لكن من المدهش أن القانون ســمح بشــراء زجاجة من الخمر من متجر قريب لبيع الخمور، ثم أخذها إلى المطعم لتناولها مع الوجبة. لقد اجتمعت صناعة المشــروبات الكحولية مع الكنيســة علــى هذا الاتفاق الملائم الذي ســمح للأولــى بأن تربح وللأخرى بأن تحافظ على موقعها الأخلاقي العالي. وكذلك هو تقارب المصلحــة بين السياســات الصديقة للبيئة وصناعة الطاقة: بواســطة الالتفاف والإشــارات الصغيرة يمكن للخضــر أن يحافظوا على المروج العالية ويمكن للصناعة أن تزدهر. وكما فشــل معمدانيو هيوســتن في إنقاذنا نحن الخاطئين من الشــراب الخبيث، كذلك يفشل الخضر في «إنقاذ الكوكب».

لم يرق مبدأ غايا أو عالم الطبيعة لســكان المدن إطلاقا إلا كمجال للتســلية. لقد فقدنا الاتصال مع الأرض عندما لم يعد طعامنا وقوتنا يعتمــدان بشــكل فــوري وواضح على الطقــس. فأســماكنا ولحومنا وفواكهنا وخضراواتنا تأتي الآن من الســوق المركزية، ولا شــيء يعيق حصاد الوولمارت (*) ســوى فيضــان نادر أو عاصفة ثلجية شــديدة. وعندما يكون الطقس باردا أو حارا يحافظ مقياس الحرارة على بيئتنا الداخليــة مريحة. ويمكن للريح العاصفــة والمطر المنهمر على نوافذنا

(*) Walmart: سلسلة متاجر وأسواق أمريكية شهيرة.

المقاومة للعاصفة أن يزيد من شعورنا بالراحة، وليس كما كان فيما مضى يجلب لنا الخوف من ضياع المحصول مع انجراف الحبوب إلى الحقول الموحلة.

وببطء شديد بدأ البعض يفهم أن ازدهار غايا أكثر أهمية من رخاء البشر. إن علم غايا يؤكد التهديد للأرض ولكنه يتيح لنا أن نستمر بالطبيعية القديمة حيث الأرض معطاءة عادة لكنها كالإلهات القدامى قاسية أحيانا، والبشر فقط هم العاطفيون. ولنكون أصدقاء حقيقيين للبيئة علينا أن نتخلص أنفسنا من الوهم بأننا منفصلون عن غايا بطريقة ما. إننا جزء منها كأي شيء حي، وعلينا أن نشعر بأننا مقيدون بها، كما في زواج جيد ممتلئ بالحب، حتى يفرق بيننا الموت.



9

نحو العالم الآخر

«لا شـــيء في الكون يمكن أن يكون مثاليا، وعلى البشر أن يمضوا مشوارا طويلا ليصلوا إلـــى المثاليـــة، بحيـــث يكون المستقبل واعدا بالفعل.»

المؤلف

لو كان الكاتب الأمريكي هوراس غريلي حيـــا اليوم لحض الطموحين والنشـــيطين على أن «اذهبوا إلى الشمال، أيها الشباب». إن سكان الأمريكيتين جميعهم، بمن فيهم الهنود والإسكيمو (لكن ليس العبيد الذين جلبوا إلى هناك رغمـــا عنهم)، ينحدرون من أولئك الذي امتلكوا الشجاعة والعزيمة ليخاطروا بالرحلة الطويلة والخطيرة إلى ما كان في ذلك الوقت العالم الجديد.

وقريبا ســـيهاجر الناس مـــرة أخرى، لكنهـــم هـــذه المـــرة لأن راحتهـــم، وحتى حياتهم، مهـــددة بتغير مناخي مميت. إننا صنـــف من الجوالـــين، ومنذ نشـــوئنا في أفريقيا منذ نحـــو مليون عام أو ما يقاربه انتشرنا في الأرض حتى وصلنا إلى القمر.

وإضافة إلى ولعنا الطبيعي بالتجوال، فقد أجبرنا على ذلك بسبب سبع حوادث تغير مناخي عنيفة مع مرور الأرض خلال العصور الجليدية وما بين الجليدية خلال المليون عام السابقة. وخلال آخر عصر منها، منذ نحو 12 ألف سنة فقط، ارتفع منسوب البحر 100 متر وكان كافيا ليغمر مساحة من الأرض بمساحة أفريقيا، وارتفع متوسط درجة حرارة الأرض نحو 9° ف. اقترح وليام روديمان في كتبه ونشراته أن استخدام النار من قبل البشر الأوائل لإزالة الغابات ربما أثر في المناخ في الماضي السحيق. إن أفكاره مقبولة ولا أملك غير أن أتساءل فيما إذا كان الصيد المدفوع بالنار في أستراليا وشمال أمريكا وربما شرق آسيا أيضا ساعد في إطلاق القفزة من البرد الجليدي إلى دفء ما بين الجليديتين. ربما كان المتوحشون النبلاء مذنبين بالنسبة إلى تغير المناخ كما هي حال سكان الحضر اليوم.

وبالنسبة إلى مجتمعات من الصيادين تعيش على شاطئ جنوب شرق آسيا منذ 14 ألف سنة، لا بد أن الارتفاع الذي لا يمكن إيقافه لمستوى سطح البحر كان قاسيا مما هدد كل مستوطنة جديدة بالإخلاء خلال سنوات. ولا بد أن السكان الأكثر حكمة انتقلوا إلى أماكن أعلى، وكان بعضهم أجدادنا. سيحصل تغير في الحجم نفسه في بيئتنا قريبا، وسيكون قاسيا كالسابق، وسيقود في النهاية، خلال مئات عدة من السنين، إلى مناخ حار مستقر جديد. وكما ذكرت سابقا فإنني أؤسس هذا التنبؤ على السجل التاريخي للأرض وعلى نماذج كتلك الموضحة في الشكل «2-3»، وعندما يحدث ذلك سيكون مستوى سطح البحر قد ارتفع 20 أو حتى 30 مترا، إذا ذاب معظم جليد غرب القطب الشمالي وغرينلاند أيضا وانحل في المحيط، وسيكون كل مكان تقريبا أحر بـ 5 و6 درجات من الآن. وستكون هذه التغيرات مخربة بقدر ما كان التغير فيما بين الجليديتين وستؤثر في عالم حار وجاف مسبقا. وعندما يحدث ذلك فستكون الهجرة الجماعية محتمة.

يشعرنا الإدراك بأننا وسطاء التغير الكوكبي بالذنب ويعطي البيئة أهمية دينية. وحتى الآن لم تكن البيئة أكثر من نظام عقائدي وسع فكرة التلوث وتحطيم النظام البيئي من المقياس المحلي إلى المقياس العالمي. وربما ستتطور إلى معتقد ديني لكنها مازالت وليدة ولم تحدد مبادئها بعد. وربما يسأل شخص

بيئي بميول دينية: «هل كان اكتشاف النار واستخدامها خطيئتنا الأولى؟» هل نحن مذنبون لاستمرارنا في تلويث الكوكب؟ وبالنسبة إلى معظمنا أصبح من غير الملائم إطلاق صيحة الندم «إنه ذنبي!» (Mea culpa!)(*) بصوت أخضر عميق غير ملائمة. إننا نعلم بأننا اقترفنا أخطاء رهيبة، لكننا أبعدنا الفكرة القديمة بأننا ولدنا أشرارا، ونعترف الآن بأن نزوات طبائعنا المتقلبة تضخمت بالتقانة، بحيث إننا مثل مخمور يقود دبابة حطمنا بالمصادفة عالمنا. إن الشعور بالذنب غير ملائم، فنحن نحاول التعويض واستعادة عالمنا الضائع وليس العقاب.

حتى لو كان لدينا وقت، وليس لدينا ذلك، لنغير جيناتنا بحيث نتصرف بحب ونعيش باعتدال على الأرض فلن ينجح ذلك. إننا على ما نحن عليه لأن الانتقاء الطبيعي جعل منا أقوى صياد عرفته الأرض. وحتى الثدييات الصغيرة حلت محل الديناصورات. ومن العبث أن تتوقع أن نغير أنفسنا كما أنه من العبث أن نتوقع أن تصبح التماسيح أو أسماك القرش نباتية. لا يمكننا تغيير طبيعتنا، وكما سنرى فإن القبلية والقومية التي ربينا عليها والتي نتظاهر بتسفيهها هي المضخم الذي يجعلنا أقوياء. وكل ما نستطيع فعله هو أن نحاول تخفيف قوتنا بالأخلاق.

وقبل أن نكتشف التقانة ونبدأ باستخدامها، كنا طرائد عدة كائنات حية أخرى مما حافظ على أعداد محددة منا وبالتالي على استقرار غايا عن طريق الحد من التكاثر المفرط لأي صنف. ولكن عندما بدأ أجدادنا يستخدمون النار للطبخ، حرموا مجموعة من الصيادين الأصغر (من الفيروسات وحتى الديدان) من صيدها الطبيعي. واكتشفنا قريبا أن النار التي ظلت مشتعلة طوال الليل أرهبت الأسود والنمور، وبدأنا في النهاية نحرق الغابات للصيد السهل أو لنزيحها للزراعة. أشارت هذه الأحداث التي جرت منذ مئات الآلاف من السنين إلى الفترة التي حطمنا فيها قواعد غايا ونما عددنا أكبر من أن نتحكم فيه. وما زلنا نحطمها منذ ذلك الوقت.

عندما أصبنا بالكائنات المرضة المميتة لأول مرة، نمت في أجسامنا من دون أن ندري. وندعو هذا بمرحلة الحضانة، والتي يمكن أن تمتد لعدة أسابيع. ثم في مرحلة ما من مراحل نموها أو من تفاعل جسمنا معها،

(*) عبارة لاتينية يعود أصلها إلى صلوات الاعتراف في الكنيسة الكاثوليكية في القرن السادس عشر [المحررة].

نشـعر بالمرض مع الحمى والألم. وسريعا خلال ساعات مع أقوى جراثيم الإنفلونزا يبدأ الاسـتقرار الداخلي بالفشل ثم ننهار ونموت. وهذا عندما يتكلم الأطباء عن فشـل عضوي كبير. وخلال مسار المرض المميت بكامله لا يوجد توقف بل انحدار يبدأ بشكل غير ملموس ثم يتسارع حتى نهوي.

أصبحنـا نشـكل المرض للأرض منـذ زمن طويل غيـر محدد عندما اسـتخدمنا النـار والأدوات عن قصـد لأول مرة. ولكن فتـرة الحضانة الطويلـة لم تنتـه إلا منذ نحو مائتي عام عندما بـدأت الثورة الصناعية، حيث أصبحت عدوى الأرض غير معكوسة. ومن المفارقة أن هذا هو الوقت الذي حذر فيه مالتوس من الخطر، وعندما لمح جيمس هاتون وايراسموس داروين لأول مرة طبيعة الأرض الحية.

إن المـرض الذي يؤثر في الأرض ليس التغيـر المناخي فقط - المتمثل في الجفـاف والحرارة وارتفاع سـطح البحر المسـتمر، إضافة إلى هذه الظواهـر هناك الكيمياء المتغيرة للهواء والمحيطات، والطريقة التي تصبح فيها البحار حامضية. ثم هناك نقص الغذاء لجميع المستهلكين من مملكة الحيوان. وبالأهمية نفسـها هناك الضياع فـي التنوع الحيوي المهم الذي يسـهل عمل النظام البيئي. تؤثر هذه كلها في عمل نظام تشـغيل الأرض وهـي تنجم عن وجود عدد كبير مـن الناس. ويعاني الأفراد أحيانا مرضا يدعى بوليسـيثيميا وهـو زيادة في عدد خلايا الدم الحمـراء. وبالمقارنة يمكـن أن يدعى مرض غايـا بوليانثروبونيميا، حين يتكاثر البشـر بكثرة بحيث يسببون ضررا أكبر من النفع.

قد لا يكون هناك شـيء نسـتطيع فعله لإيقاف التغيرات السيئة التي تجري الآن، فلا نستطيع تخفيض عددنا بالسرعة الكافية، وهناك فرصة ضئيلـة فقط، باسـتخدام العلاجات في الفصل الخامـس، لعكس التغير المناخي. يمكننا التحدث عـن البصمات الكربونية، وعن الطاقة المتجددة، وعـن التنمية المسـتدامة، ويمكننا أن نحـاول توفير الطاقـة، وأن نعقد مؤتمرات ضخمة حول العالم، ولكن هل هذه المؤتمرات مهما كانت نواياها طيبة شـيء آخر سوى استعراض لحيوانات قبلية تحمل رموزا ضد تهديد قوة قاهرة لا تفهمها؟

وعلى الرغم من هذا التشاؤم فنحن محظوظون لنعيش فوق كوكب يحافظ على نفسه قابلا للسكن: فالحالة الحارة التي يمكن لغايا أن تتراجع إليها غير مريحة لكنها ليست مميتة. إننا مثل متدرب على الشعوذة غير قادرين على إلغاء التعويذة الصناعية التي نطلقها، ولكن مع تعرضنا لضغوط الانتقاء القوية التي ستأتي قريبا قد ننضج كأصناف ونصبح قادرين. إن تاريخنا خلال معاناتنا المتكررة للحقبات الجليدية ومعاناة الأرض كذلك يوضح أن الحياة كانت قاسية. إن تأثير الصدمة لصخور بقطر 10 كم تتحرك بسرعة تعادل 20 مثلا من سرعة الصوت مدمر بما يكفي، لكن الأسوأ من ذلك كانت الانفجارات البركانية التي غطت جزءا كبيرا من قارة باللافا المنصهرة. وربما قاد واحد من هذه إلى الهلاك الكبير الذي قضى على معظم الحياة خلال الحقبة البيرمية للتاريخ الجيولوجي. وإذا لم تكن هذه الأخطار المادية كافية فقد كانت هناك كوارث أخرى أبكر تعزى إلى النمو الزائد غير المتوقع وغير المحبذ للأحياء البسيطة. لقد وصفت في الفصل الثالث كيف نتج الأكسجين كغاز مسيطر من النجاح التطوري للمخلقات الضوئية الأولى، كالبكتيريا السيانوية، وعلى الرغم من فائدته الحقيقية في النهاية، فإن الأكسجين كان في ذلك الوقت سبب التجلد الشديد بإزاحته لغاز الدفيئة الميثان كيميائيا من الهواء، وكان أيضا ساما لكثير من أشكال الحياة الأولى. كان الأكسجين على الأرض الأولية ملوثا، ولم يختلف إنتاجه الغزير باستخدام طاقة أشعة الشمس «الخضراء» كثيرا عن تلويثنا بثاني أكسيد الكربون من حرق الوقود الأحفوري. وفي الحقيقة كان الأكسجين الناتج عن التخليق الضوئي هو الذي جعل الاحتراق ممكنا.

كانت هناك مسبقا بالتأكيد أحداث خطيرة أخرى لم نكتشفها حتى الآن. وبعد كل كارثة من هذه الكوارث تعافت غايا في الوقت المناسب - استغرق ذلك في بعض الأحيان ملايين السنين. وخلال هذه المراحل من التعافي كان هناك دوما في مكان ما على الأرض ملجأ للكائنات الحية. مكان مازالت الكيمياء والمناخ فيه يؤيدان الحياة. وهذا ما سيكون بالتأكيد عندما تحل البوليانثروبونيميا. وسيجد الباقون على قيد الحياة من الأزمة الحالية موطنهم الجديد في واحات وأماكن لا تزال باردة ورطبة بما يكفي لوجود

الحياة. وقد تستغرق غايا مئات الآلاف من السنين قبل أن تصبح مرة أخرى الكوكب السخي الذي عرفناه فيما مضى.

إذن كيف ولماذا يحدث الأمر بهذه الطريقة؟ يبدو الكون - أو على الأقل الكون الذي نعيش فيه - وهو يدار بمجموعة غير مرنة من القوانين، وقد حاولنا كحيوانات فضولية معرفتها واستخدامها لتفسير أنفسنا والحياة والعالم والأشياء التي نقوم بها أو نصنعها جميعها. إننا نشبه شخصا يبدأ بملء المربعات الفارغة للعبة الكلمات المتقاطعة: حيث نسعد بالعثور على الجواب للغز بسيط، ثم نتوقف لنجده غير متناسق مع كلمة أخرى تقاطعه. ويبدو أن العلماء الفخورين يعتقدون أنهم سيحلون اللغز قريبا وسيعرفون القوانين التي تدير الكون بنظرية كل شيء. إن القانون الأقل مرونة من القوانين التي اكتشفت حتى الآن كلها هو ما يدعوه العلماء بالقانون الثاني في الثرموديناميك. وفي الحقيقة فإنني أجد من الغريب ألا يكون هذا القانون هو الأول من قوانينهم. وببساطة لا يسمح القانون الثاني لأي شخص أو لأي شيء بأن يصبح أصغر أو ، كما يقولون، بأن يسمح للماء أن يتدفق للأعلى من تلقاء نفسه.

ربما توجب أن تدعى الجينات الأنانية التي وصفها ريتشارد داوكنز و وليام هاميلتون والمشتركة في الأحياء الحية جميعها إرادية لأنها تحاول دوما أن تكسر هذه القاعدة. فهي تود على الأخص أن تعيش للأبد، وليست لديها شفقة على الحياة التي تحملها، وإنما لديها فقط حافز أكيد على التكاثر. لقد دعا منتقدو الداروينيين الجدد هؤلاء بالقيميين لتصنيفهم وحدة أساسية كالجين على أنها أنانية. أعتقد أن هؤلاء النقاد مخطئون. وعلى الرغم من الاستعارة، توحي الكلمة «أنانية» بالرغبة في التكاثر التي تصبغ أشكال الحياة جميعها. ليست هناك ضرورة أخلاقية تحكم على جين بالسوء لأمره خلية حية بإنتاج سموم فتاكة كالأفلاتوكسين لتهزم منافساتها، كما ليس هناك أي اعتراض أخلاقي لاستخدام النار أو بعد ذلك لاختراع أسلحة الدمار الشامل. إن القوانين تقول ببساطة: لو أن أي شيء ممكن من دون خرق القانون الثاني، فمن الممكن عندئذ أن يحدث، مهما كان ذلك غير محتمل. وعندما يحدث لأول مرة تزداد فرص تكرار ذلك : عدم الاختراع غير محتمل.

من غير المحتمل أن يكون كوننا غير المرن مفروضا أو تقييدا لحريتنا من قبل مصمم ذكي مفترض. هذه القيود القوية تحد الإرادة الديناميكية للجينات، وتجعل من الممكن أن يكون لأصناف الحياة جميعها، بما في ذلك كوكبنا الحي غايا وجود مستقر، استمتعت به غايا لأكثر من ربع عمر الكون. إن الفوضى الشاملة بمعناها المادي التام وليس الحرية، هي ناتج كوكب من دون قوانين. ويعتقد بعض العلماء أنه كان هناك انتقاء طبيعي بين أكوان عدة، وأن كوكبنا هو الذي نجح.

وعلى الرغم من عمرها الطويل جدا، فإن غايا ليست مستثناة من قواعد القانون الثاني حيث تقدمت الآن في السن وقريبا ستموت في زمن كوني. قبل اختراع المضادات الحيوية والطب الحديث دعيت نزلة البرد «صديقة الرجل العجوز». فقد كانت تقتل المسنين بسرعة ومن دون ألم كبير. كان الخطر الرئيس للمسنين هو الاضطراب، سواء كان عدوى كالإنفلونزا، أو حادثا مثل عجز مكسور، حيث تتغلب العواقب الفسيولوجية على الدفاع. وينطبق الشيء نفسه على النباتات المسنة - الحوادث المميتة مثل اصطدام أجسام كبيرة تتحرك بسرعة من الفضاء أو الانفجارات البركانية الضخمة. ومثال على ذلك اصطدام صخرة بحجم جبل بالأرض منذ 65 مليون سنة والذي ارتبط غالبا بهلاك الديناصورات. يمكن لغايا أن تتجاوز كوارث كهذه عندما تكون فتية، ولكنها لو تكررت بعد بضع مئات ملايين السنين من الآن فقد تكون خطيرة.

إن السبب المباشر لشيخوخة غايا هو الزيادة المحتمة في الحرارة من الشمس. إن نجمنا كما هي حال النجوم الأخرى جميعها يشتعل بحرارة أعلى مع تقدمه في العمر، وبعد 500 مليون عام فإن الحرارة المشعة من الشمس ستكون أكبر بنحو 6 في المائة من الآن. وستكون الحرارة المستقبلة من الشمس قد ازدادت من 1.35 إلى 1.43 كيلوواط لكل متر مربع، وهي زيادة بمقدار 81 واط لكل متر مربع، ليست أكثر من الطاقة لإنارة مصباح صغير وحيد ينير بالكاد غرفة. قد تعتقد أن هذا ليس كثيرا، لكن قارنه بالحرارة الزائدة التي تأتي الآن من غازات الدفيئة كلها التي أضفناها إلى الهواء فإن هذا يضيف 1.5 واط من الحرارة لكل متر مربع، وهو مجرد سدس الحمل

الحراري الذي تواجهه غايا بعد نحو 500 مليون ســنة. وستســتمر الشمس نفسها أن تصبح أكثر إشعاعا لـ 5 مليارات سنة أخرى قبل أن تنطفئ في لهب من الطاقة المشــعة، تاركة قطعة كثيفة من الرمــاد بحجم كوكب، وهي عبارة عن نجم قزم أبيض. وخلال المليار سنة القادمة سترتفع الحرارة المشعة ببطء مما يعطي وقتا كافيا للتأقلم ولمزيد من التطور. ولدينا مســبقا عملية تخليق ضوئي بسبب تطور أنواع جديدة من النباتات يدعوها علماء الكيمياء الحيوية بـ C4 قادرة على أن تعيش على مســتوى أقل من ثاني أكســيد الكربون. وفي العام 1982 حســبت مع مايكل ويتفيلد أن هذه الخطوة من التطور قد تمكن الغلاف الحيوي الحالي أن يستمر لـ 100 مليون سنة أخرى. وأبعد من ذلك، ســتمد التغيرات الجينية فترة الحياة بالتأكيد، لكن بأخذ القيود الأساســية لعلــم الأحياء الرئيس وحتمية الاضطرابــات، فمن الصعب رؤية الحياة تمتد إلى أبعد من 500 مليون سنة من الآن. ربما أكون متشائما جدا، وقبل أن يمر هذا الوقت بزمن طويل قد يتطور ذكاء خارق ضمن غايا يســتطيع أن يبقيها على قيد الحياة إلى ما بعد ذلك الوقت.

هناك كائنات حية تدعى اكستريموفايل محبة للشروط القاسية تزدهر على بيئة معادية تماما مثل الماء المغلي، والحموضة القوية، أو محلول الملح المشــبع للبحيرات المالحة. ويبــدو أن المتفائلين من علماء الأحياء يعتقدون أن من الممكن تأسيس نظام أرضي ذاتي التحكم على هذه الكائنات عندما تصبح الأرض حارة. أعتقد أنهم مخطئون لأن هذه الكائنات تطورت لتمــلأ مكانــا خاصا بها لكنها تعتمد كلية على غايــا للحفاظ على البيئة وتزويد احتياجاتها. إن توقع قيامها بإدارة الكوكب يشــبه إلى حد ما توقع أن يدير مالكــو الكازينوهات الاقتصاد حين تختفي الصناعــات الأخرى جميعها. وبالطريقة نفســها لا يمكن لغايا أبدا أن تؤســس على حياة نادرة. وما لم يكــن ناتج المواد الكيميائية من الكائنــات الحية بحجم كوكب ميت أو أكبر منه لا يمكن لخصائص التحكم الذاتي لغايا أن تتم.

لو فكرنا في غايا كســيدة مســنة لا تزال قوية ولكنها ليست بأي حال بقوة كوكب شــاب حمل أجدادنا من الكائنات الدقيقة، فإن ذلك سيجعلنا ندرك بجدية أكبر الخطر الذي نمثله لوجودها الصحي المستمر. لقد حدد

عالم الأحياء العظيم ويلسون سوء حالنا الطبيعي. لقد كتب تلميحا عن الكائن المعروف الشبيه بالإله، الأجنبي فائق الذكاء القادم من مجرة أخرى، الذي كان عالم أحياء مثل ولسون نفسه. كان هذا الغريب يراقب الحياة على الأرض من أحد أقمار كوكب المشتري. وفي أثناء استعداده للمغادرة في رحلته الطويلة إلى موطنه قال لزميل له: «يا لسوء الطالع أن يكون الحيوان الاجتماعي الذكي الأول على الأرض آكل لحوم قبلي».

لا شيء قرأته في حياتي الطويلة يفسر بشكل أفضل حالتنا المؤلمة، لدينا الذكاء لنبدأ بتوسيع عقولنا لنفهم الحياة والكون وأنفسنا، ويمكننا أن نتواصل ونتبادل أفكارنا العميقة ونحافظ عليها خارج عقولنا كسجل دائم. لدينا هذا كله ولكننا غير قادرين على العيش بعضنا مع بعض أو مع كوكبنا الحي. إن دافعنا الموروث لأن نكون مثمرين ولنتكاثر ولنتأكد من أن قبيلتنا تحكم الأرض يفشل أفضل نوايانا الطيبة.

ليس الذكاء هبة من إله أو من الآلهة، فقد تطور وفق قوانين داروين في الانتقاء كسلاح أخير يسمح لنا بأن نحكم العالم ونؤمن لنا مكانا آمنا نربي فيه أطفالنا. إن الأرض ممتلئة بالمفترسين، الضخم منها مثل الدببة القطبية والتماسيح، والصغيرة منها مثل الحشرات والمفصليات، والأصغر بكثير مثل الأحياء الدقيقة. وللبقاء أحياء من المفترسين الكبار كان يمكن أن نطور قدرتنا على الركض بسرعة كالغزال، أو أن يكون لدينا جلد غير قابل للأكل مثل السلحفاة أو القنفذ، أو كان في إمكاننا أن نقاتل مثل ثور. وبدلا من ذلك استثمرنا كل شيء في العقول، وكأعضاء في القبيلة، تطورنا لنصبح أذكياء بما يكفي لنتفوق عليها كلها.

إن الذكاء الفردي وحده غير كاف، وتأتي إنجازاتنا المدهشة من القدرة الإضافية لعقولنا على التواصل والإقناع، بحيث إن أفكار واحد أو عدد قليل منا يمكن أن تقنع الكثيرين ليفقدوا هويتهم ويعملوا معا كما لو كانوا فردا واحدا. ويمكن لهذا التضخيم القوي للنوايا المعبر عنها لزعيم قبيلة أن تتغلب دوما على عدو غير متجانس أو على العالم الطبيعي. ونتشارك في هذه الإرادة المتزامنة مع الحشرات الاجتماعية والنمل الأبيض وكذلك مع قطعان الطيور والأسماك، وتجعلنا أقوى بكثير من إمكانات ذكاء فردي منعزل، حتى لو كان

أقوى منا بكثير. وقد يكون هذا هو السبب في أن بعض أصناف الحيتان بعقول وعدد من الأعصاب أكبر بكثير منا لم تصل أبدا إلى سطوة الإنسان.

يشبه هذا التضخيم الكبير للفكر وتحويله إلى فعل آلية عمل الليزر. وفي هذه الحالة ترفع الذرات أو الجزيئات التي تقفز بلا هدف عادة إلى حالة أعلى ووحيدة تستطيع منها - بإعطائها الإشارة المناسبة - أن تفرغ طاقتها المتراكمة في شعاع موجه. فكر كيف يمكن لجماعة مؤلفة من أناس مسالمين عادة أن يعملوا بشكل متجانس كما لو كانوا حيوانا واحدا عندما يحمسون من خطيب مفوه. إن معظم إنجازاتنا تقريبا تأتي من أفعال وحيدة من العبقرية أو القيادة ضخمت بشكل متجانس من قبل كثيرين. وينطبق هذا ليس على الأفعال العظيمة أو السيئة فقط، لكن على الأشياء العادية العديدة التي تبقي مجتمعنا يعمل: خدمات الماء والكهرباء، وأنظمة الطرقات.

إننا نعجب - بعمق - بقوة أسلحتنا، ومع ذلك فهي واهية بالمقارنة بأقوى الأسلحة كلها: الذكاء الخلاق. فكر في الإمبراطوريات العظمى والقوية التي انهارت عن طريق الأفكار فقط. فالحضارات تحطم ذاتها بعقائد تعطل، مثل فيروسات الحاسوب، أنظمة عملها. لقد رأى المؤرخ غيبون في المسيحية فيروسا عطل الإمبراطورية الرومانية العظمى. ألا يمكن أن تكون الماركسية قد أضعفت دولا عظمى في القرن العشرين وسببت موت عشرات الملايين؟ لدينا الآن العقيدة الحضرية الصديقة للبيئة، وربما كانت الأقوى من بين هذه العقائد كلها.

لا بد أن عالم الطبيعة الأجنبي الذي ذكره ويلسون قد عرف أننا سنكون أذكياء بما يكفي لنؤلف موسيقى تناسب الجنان، وفنا يلائمها، وأن نخلق شعرا، وروايات درامية لا تبلى مع مر الزمن، وأن نتمكن من رؤية حدود الكون، ونبدأ بفك رسالة الدنا. ولكن هل علم أن أعظم اكتشافاتنا يمكن لها أن تفكك الحضارة التي جعلتها ممكنة؟ فكر في الاحتراق الداخلي وكيف أنه بأشكاله المختلفة أوصلنا إلى حالتنا الحالية. أتساءل فيما إذا استطاع أن يدرك أننا قد نتطور إلى حيوانات اجتماعية حقا، نبني ونعيش في أعشاش مدينتنا وأن نقطع ببطء علاقتنا بغايا، وفي النهاية الخطر من أن نصبح المفترسين الأجانب الحقيقيين على ما كان كوكب ولادتنا.

لدينـــا كلنا نهم لأيديولوجيـــا أو دين ما، مهما بـــدا ذلك غير عقلاني بالنســـبة إلى العلماء، ليزودنا بإحســـاس بالهدف والدهشـــة عندما تكون الأشـــياء جيـــدة، والطمأنينة عندما تكون ســـيئة. تقـــدم أنظمة الاعتقاد برنامجا يخفف مـــن ضرورة التفكير في أوقات كالخطر الداهم من الموت عندما يتجمد التفكير. ليس من المستغرب إذن أن أخطار الاحترار العالمي التي دخلت وعي الجمهور تظهر علامات التحول إلى إيمان كامل مع عقيدة (dogma) وأيقونات وأجوبة بسيطة لمشاكل البيئة جميعها.

إنني أدرك أنني بإدخال الدين فإنني أسير في حقل مملوء بالألغام، ولكن علـــي أن أفعل ذلك لأن الطريقة التي نفكر بها في الأرض تتأثر بقوة بالتربية في فترة الطفولـــة ويؤثر هذا في الطريقة التي نجري فيها العلم. الأوروبيون أكثر علمانية من الأمريكيين لكنهم مازالوا يتأثرون بقوة بفرع الكنيســـة الذي أثر في أفكارهم عندما كانوا أطفالا. ونتشـــارك في نزعة إنســـانية مشتركة لكننا نختلف كثيرا حـــول توجهاتنا نحو بقية أنواع الحياة ونحو الأرض. إنني أتكلم بشكل محدد عن التأثيرات المختلفة للتفكير الكاثوليكي والبروتستانتي.

عندمـــا كنت طفلا كان تعليمي الديني من جمعية «الأصدقاء»، وعندما كنـــت طالبا أصبحت «صديقـــا» وبقيت كذلك حتى العـــام 1947، عندما تملكنـــي المذهب العلمـــي إلى الأبـــد. وبوصفي طالبا كنـــت أيضا عضوا في جمعية الكنيســـة الكاثوليكية في الجامعة، واســـتفدت كثيرا من دفء صداقتهم وقوة مناقشـــاتهم حول اللاهوت الأخلاقي. ولا أعتقد أنني كنت في ذلك الوقت أو الآن متعصبا.

مـــا يجعلني أثيـــر موضوع الدين هو الأزمة التـــي تهدد الأرض، وقرب انتهاء عصر ما بين الجليديتين الأحدث لغايا، والذي اســـتمر أربعة عشـــر ألف ســـنة فقط. ترجع هذه الأزمة إلى أننا وضعنا حقوق الإنســـان تجاه الأرض وبقيـــة أنواع الحياة التي نشـــاركها فيها قبل التزاماته. وللفلســـفة البروتســـتانتية وجهها السيئ، لكنها تفتدي نفسها بتقديمها بيئة في العلم للفلســـفة الطبيعية وللفلسفة الشمولية، بينما تكمن فوائد الكاثوليكية في النزعة الإنسانية والاختزال الديكارتي. وكلا الفلسفتين لازمة للعلم، لكننا بوصفنا أفرادا قابلين للتأثر لا نســـتطيع إلا أن نتأثر بسنوات التشكل في سن الطفولة، ولذا نميل إلى تفضيل إحداها على الأخرى.

وربمـــا يأتي المثال الأوضح والأكثر ســـوءا عـــن الأذى الناجم عن هذا الفصل من عالم الأحياء الفرنسي المتميز جاك مونود، الذي كتب في كتابه «**الفرصة والضرورة**»:

> تتحـــدى بعض المدارس الفكرية (معظمها متأثر - كثيرا أو قليلا - بهيغل) قيمـــة الطريقة التحليلية لأنظمة بتعقيد الكائنـــات الحيـــة. ووفق هذه المـــدارس الشـــمولية والتي تولـــد، كأبي الهول (الفينيكس)، فـــي كل جيل، فإن الاتجاه التحليلـــي (الاختزالي) مكتوب عليه الفشـــل في محاولاته اختـــزال خصائص كل تنظيم معقد إلى «مجموع» خصائص أجزائه. إنه خصام غبي جدا وخاطئ ويدل فقط على عجز الشـــموليين الكامل عن فهم الطريقة العلمية ودور التحليل الضـــروري فيها. إلى أي مدى يمكـــن لمهندس من المريخ أن يصـــل إذا رفـــض، عند محاولته فهم حاســـوب أرضي، من حيث المبدأ أن يفصل العناصر الإلكترونية الأساســـية للآلة التي تنفذ عمل الجبر المنطقي؟

ربمـــا كانت هذه الكلمات القويـــة أقل انطباقـــا الآن، لكنها تخدم في التعبيـــر عما كان ومازال مجتمعـــا علميا مهما. لقد احتاج الأمر إلى نظرة ديكارتية عالمية قوية ليأتي بمقاربة أولية خاطئة كهذه إلى الحاسوب. وكما يمكن لمهندس أن يشرح، فإن التجزيء - التحليل إلى أجزاء - هو الطريقة النهائية للتعرف على نظام عامل. أولا تســـتنطقه من خلال لوحة مفاتيحه أو بـــأي طريقة غيـــر اقتحامه. وإذا كان هذا لا يقنعـــك بمحدودية الفكر الاختزالي، تصور لو كان المهندس من المريخ حاسوبا ذكيا وكان على وشك تجزيء عقلك ليعرف كيف تفعل الجبر.

ربما كان الخطأ الأعظم عند بعض أتباع الديانات التوحيدية - بما في ذلك الإســـلام - هو الاعتقاد أن البشر مخلوقون على صورة الله. ويوحي هذا بأننا لا نســـتطيع التطور مـــن خلال الانتقاء الطبيعـــي. إن الاعتقاد أننـــا النمـــوذج المثالي للحياة العاقلـــة هراء كالتصور بـــأن كائنات التمثيل اليخضـــوري الأولية التي ظهرت قبل 3.5 مليار ســـنة كانت مثالية أيضا.

فعن طريق تطورها وتحولها جعلت كل شيء حدث بعد ذلك ممكنا. ولو بقيت كما كانت لما كانت هناك أشجار أو أزهار أو حيوانات ولما وجدنا نحن. لا شيء في الكون يمكن أن يكون مثاليا، وعلى البشر أن يمضوا مشوارا طويلا ليصلوا إلى المثالية، بحيث يكون المستقبل واعدا بالفعل.

علمنا الراهب الكاثوليكي مندل علم الجينات، والعالم الإنجيلي تشارلز داروين الانتقاء الطبيعي، وربما نرى فكرتيهما تعملان بسرعة مع انتهاء هذا القرن وانتقال الأرض إلى حالتها التالية. دعنا نأمل أن يختار الانتقاء من بيننا أولئك الأقدر على العيش مع غايا، وأيضا مع بعضنا بعضا. هل نحن الآن أذكياء بما يكفي لنكون حيوانا اجتماعيا قادرا على العيش باستقرار مع غايا ومع أنفسنا الآن وعلى الأرض المتغيرة التي ستأتي سريعا؟ كما أرى، فإن أملنا هو في احتمال أن نتطور إلى أصناف يمكنها أن تنظم نفسها، وأن تكون جزءا مفيدا من غايا. إنني أتساءل فيما إذا كانت هناك في مجموعة الجينات العظيمة للبشرية جميعها جينات يمكن انتقاؤها لتلبية هذا الهدف.

لكننا الآن من صنع جيناتنا، ولا نختلف كثيرا عن أجدادنا القبليين الذين تجولوا عبر القارات، محطمين غالبا بشكل كبير الحياة البرية والغابات في أثناء تجوالهم. إن الشيء الأهم الذي يجب علينا قبوله هو أنه لا عودة إلى الوراء. ولو اختفى اليوم كل شخص في كل مكان بصمت وهدوء فسيستغرق الأمر مائة ألف سنة أخرى قبل أن تعود الأرض إلى ما يشبه العالم الذي كان موجودا قبل أن نكتشف استخدام النار. علينا أن نفهم جيدا أننا مازلنا حيوانات قبلية عدوانية تتقاتل من أجل الأرض والغذاء. وتحت الضغط يمكن لأي مجموعة منا أن تكون بقساوة أولئك الذين نستهجنهم، فالقتل الجماعي من قبل الجماعات الغوغائية القبلية طبيعي مثل التنفس، مهما كان أفراد هذه الجماعات طيبين ولطفاء.

لقد نظرنا إلى الأرض فترة طويلة على أنها مصدر لا ينضب، أو على الأقل على أنها مصدر غني حتى تجد لنا التكنولوجيا بديلا نافعا مماثلا. لقد بدأنا نلمح إمكان أن يكون هذا المصدر محدودا وسيفرغ قريبا، لكننا لانزال نحاول التأكد من أننا نحن على الأقل نحصل على ما نحتاج إليه من البقية المتناقصة. وفي الحقيقة، فالأرض ليست محدودة

وليســت غير محــدودة أيضا، لكنها بدلا من ذلك تحــاول دوما أن تعوض نفســها كما فعلت الغابة التي عاش فيها أجدادنــا قبل اختراع النار. لقد زودتهم الغابة بالطعام والمــواد الخام، لكن كان عليهم أن يدفعوا ثمن ذلك بالعيش ضمنها ومعها. وبالنســبة إلينا الآن فإن غايا مثل الغابة. لو فكرنا وفق هذه الشروط فإن الوقود الأحفوري طاقة متجددة. إن خطأنا هو أننا نأخذ من الأرض أكثر من قدرتها على تجديده.

ربما كان بين البشــر الأذكيــاء الأوائل الذيــن طوروا حياتهم باســتخدام النــار أولئك الذيــن أدركوا أن الغابات محدودة وصرحوا بذلك. أشــك في أن الاستجابة كانت «هراء، إنها ستدوم أكثر من عشرة آلاف سنة»، وبالفعل فقد تم ذلك. وبالطريقة ذاتها، كم عدد أولئك المهتمين بما قد يحدث خلال مائة عام؟

إننــا حيوانات قويــة وقادرة على التأقلم ويمكننــا بالتأكيد أن نخلق حياة جديــدة على أرض أشــد حرارة، لكن ســيبقى هناك جزء بســيط فقط من الأراضي القابلة للســكن مقارنة بتلك المتاحة العــام 1800. لو اتبعنا طريقا أخضــر عميقا تماما، وعدنا إلى حياة ما قبل النار فســيبقى عدد قليل جدا علــى قيد الحياة، وإذا أعدنا مــن جديد في أي وقت في العالم الجديد جمع الوقود الكربوني واستخدامه فسنكون في خطر تدمير أنفسنا ومعظم الحياة غير الميكروبية. يمكننا اســتخدام التكنولوجيا ولكن ليس إلى الحد الذي نؤثر به في التنظيم الكوكبي. ســتنخفض مرونة غايا للاضطراب على أرض حارة، وستشكل عودة ولادة حضارة من نوع حضارة القرن العشرين اضطرابا كبيرا.

إن الضرورة الأولى بالنســبة إلينا هي البقــاء على قيد الحياة، ولكننا سنواجه قريبا السؤال المخيف عمن سنسمح له بالركوب في قوارب النجاة، ومن علينا أن نرفضه؟ ولن يكون هناك مفر من هذا الســؤال لأنه سيكون هنــاك قبل وقــت طويل صخب كبير من لاجئي المنــاخ الباحثين عن ملجأ آمن في تلك المناطق القليلة حيث المناخ محتمل والغذاء متوافر. لا تخطئ، فمثال قارب النجاة مناســب، فقد واجهت السفن المحطمة المشكلة نفسها: ســيغرق قارب النجاة أو ســيصبح من المســتحيل أن يبحر إذا حمل فوق استطاعته. تنص القواعد القديمة التي نشأت عليها على أن يركب النساء والأطفال أولا، وأن يغرق القبطان مع ســفينته. وسنحتاج إلى مجموعة من القواعد لواحات اللجوء من تغير المناخ هذه.

لسنا، كما يريد المتطهرون، أصنافا تعيسة غارقين في الذنوب. يمكن أن يكون لنا مستقبل كبير ومشرف كأناس قد يتطور منهم آدم وحواء في المستقبل، كأجداد لصنف من البشر أقرب إلى غايا ويخدم ضمنها كما تفعل عقولنا ضمن كل منا. وسنكون جزءا مهما فيما أصبح بالفعل كوكبا ذكيا أقدر على الحفاظ على قابليته للسكن. لقد تطورت الحشرات الاجتماعية كالنحل والنمل والدبابير لتشكل أعشاشا - مجتمعات أقوى بكثير من جماهير من الأفراد - لكنها بفعلها ذلك فقدت حريتها الفردية، وأصبحت رعايا لملكاتها. وربما بطريقة مماثلة سنخسر حريتنا في الوقت نفسه الذي تكسب فيه غايا القوة. لا يمكننا الآن معرفة احتمالات حدوث هذا، وكم سيستغرق أو كيف هي حال أن تكون أحد رعايا غايا. إن التأكد الأقرب الوحيد هو أننا لن نتطور أبدا على هذا النحو إذا سمحنا لأنفسنا من خلال عدم العمل أو الاستجابة غير المناسبة بأن نهلك بالاحترار العالمي. لقد اقترح أنه لولا الهلاك الكبير الذي حدث منذ 65 مليون سنة لربما كانت الزواحف هي الأصناف الذكية المسيطرة الآن. وبطريقة مماثلة قد يهيمن علينا حيوان صغير موجود الآن بحيث يبقى ويتطور ليملأ الفراغ الذي سنتركه.

هل نحن أذكياء بما يكفي لنعرف من سنختار؟ هل ندرك أن حاجات غايا الاستقلابية (metabolic) على الأرض الحارة يمكن تلبيتها بمليون فقط من البشر، وهو عدد كاف لإعادة تدوير العناصر المكونة للحياة؟ إن مبرر بقائنا بأعداد كبيرة هو أنه بامتلاكنا الذكاء فلدينا القدرة لنتطور ونصبح جزءا نافعا من غايا كما كانت مخلقات التمثيل اليخضوري ومولدات الميثان قبل ذلك، وبالفعل، لنجعل وجود كوكب ذكي ممكنا.

أعتقد أن علينا أن نرفض فورا كل تفكير بانتقاء مخطط. يتبادر إلى الذهن فورا الناس الشجعان الذين قاموا بالرحلة الخطرة عبر أفريقيا وعبر الصحراء الكبرى ثم بنوا أو حصلوا على قوارب قوية بما يكفي لتحملهم عبر خمسين ميلا من المحيط إلى جزر الكناري. إنهم يمثلون أولئك الذين يمتلكون غريزة البقاء. إننا موجودون الآن لأن غايا قامت بالانتقاء، وربما علينا أن ندعها تستمر في ذلك.

دعنا نتطلــع إلى الوقت الذي تصبح فيه غايــا كوكبا عاقلا تماما من خــلال دمج أحفادنا معها. يمكننا عندها أن ننظر إلى الوراء بدهشــة إلى التطور المعجز للكون من كتلة متجانســة حارة جدا إلى كتلة باردة من مواد كيميائية بســيطة اختيرت مســبقا من الكون لتكون قطع الغيار للحياة. ثم نتســاءل كيف تجمع هذه المواد الكيميائية نفســها من خلال سلســلة من الخطوات غير المحتملة إلى دارات انتقالية واهية مثل بيت من ورق اللعب، وكيــف أدى انتقــاء هذه الأنظمة البســيطة وارتباطها إلــى ظهور الخلية الحية الأولى. يمكننا أن نتســاءل لماذا مــر كل هذا الوقت الطويل، نحو 3 مليارات ســنة، قبل أن تبدأ الخلايا بمنح نفســها القوة كمجموعات كانت أســلاف الحيوانات والنباتات. وكذكاء كوكبي أرينا غايا مسبقا وجهها من الفضــاء، وتركناها ترى كــم هي جميلة حقا بالمقارنة مــع أختيها الميتتين المريخ والزهرة. ويمكن أن يكون لدينا مستقبل بالاشتراك مع كوكبنا الحي لنجعله قويا مرة أخرى وقادرا على مقاومة التأثيرات المدمرة التي ستأتي.

بالتفكير بهذه الطريقة، كيف يمكن لأي كان أن يكون متشائما ويتصور أن أزمــة الاحترار العالمي هــي نهايتنا أو حتى نهاية غايا؟ من المحتمل أننا ســنتمكن كلانا مــن البقاء أحياء ويمكن أن تتطور مــن أحفادنا الأصناف الأكثر حكمة التــي يمكنها أن تعيش أقرب من ذلك في غايا وربما تجعلها المواطنة الأولى في مجرتنا.

وفــي وقت لاحق من هــذا القرن قد يصل الناجون إلــى ميناء صغير ويترجلــون عن جمالهم. وقد يرون هناك ســفينة خشــبية صغيرة يرتطم جانبهــا في أثناء حركتها مع موج المحيط الخفيف بجدار الميناء الخشــن. ويعد نســيم بارد مستمر ببداية جيدة للجزء الخطر التالي من الرحلة إلى الشمال. لا يقول القبطان شيئا بينما يصعد الناجون إلى باخرته، لكنه يعلم أن المشقة غير المحتملة تقريبا للرحيل عبر الصحراء قد انتقت القوي في الجسم والعقل، بحيث تدفع قوته ثمن الرحلة.



قراءات مقترحة

الفصل الأول

Gray, John. *Straw Dogs* (London: Granta, 2002).
———. *Black Mass* (London: Allen Lane, 2007).
Gribbin, John. *Hothouse Earth and Gaia* (London: Bantam Press, 1989).
Kahn, Herman, William Brown, and Leon Martel. *The Next 200 Years: A Scenario for America and the World* (New York: William Morrow, 1976).
Kunzig, Robert and Wallace S. Broecker. *Fixing Climate* (London: Green Profile, 2008).
Midgley, Mary. *Science and Poetry* (London: Routledge, 2002).
Morton, Oliver. *Eating the Sun* (Fourth Estate, 2007).
Pearce, Fred. *Turning Up the Heat* (London: The Bodley Head, 1989).
Schneider, Stephen H. *Global Warming* (San Francisco: Sierra Club Books, 1989).
———. *The Patient from Hell* (Cambridge, Mass.: Da Capo Press, 2005).

الفصل الثاني

Charlson, Robert, ed. *Earth System Science* (London: Academic Press, 2000).
Houghton, Sir John. *Global Warming* (London: Cambridge University Press, 2004).
Lawson, Nigel. *An Appeal to Reason: A Cool Look at Global*

Warming (London: Gerald Duckworth & Co. Ltd., 2008).
McGuffie, Kendal and Ann Henderson-Sellers. *A Climate Modeling Primer* (Chichester: Wiley, 2005).
Mann, Michael E., and Lee R. Kump, *Dire Predictions: Understanding Global Warming* (New York: DK Publishing, Inc., 2008).
Millennium Ecosystem Assessment Report (Washington, DC: Island Press, 2005).
Tickell, Sir Crispin. *Climate Change and World Affairs* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1986).

الفصل الثالث

Attenborough, Sir David. *Life on Earth* (London: Harper Collins, 1979).
Dawkins, Richard. *The Extended Phenotype* (Oxford and San Francisco: W. H. Freeman, 1982).
Fagan, Brian. *The Long Summer* (London: Granta, 2005).
Fortey, Richard. *The Earth* (London: Harper Collins, 2004).
Gore, Al. *An Inconvenient Truth* (London: Bloomsbury, 2006).
Lenton, Tim, and W. von Bloh, "Biotic Feedback Extends Lifespan of Biosphere," *Geophysical Research Letters* (2001).
Lovelock, James. *The Revenge of Gaia* (London: Allen Lane/Penguin, 2006).
Pearce, Fred. *When the Rivers Run Dry* (London: Transworld, 2006).
Schellnhuber, H.-J. *Earth System Analysis* (Berlin: Springer, 1998).
Turner, J. Scott. *The Extended Organism* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2000).
Wilson, Edward O. *The Diversity of Life* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1992).

الفصل الرابع

Ames, Bruce. "Dietary Carcinogens and Anticarcinogens," *Science*, 221 (1983), pp.1256–1264.

Comby, Bruno. *Environmentalists for Nuclear Energy* (Paris: TNR Editions, 2000).
Cravens, Gwyneth. *Power to Save the World: The Truth about Nuclear Energy* (New York: Alfred A. Knopf, 2007).
Laughton, Michael. *Power to the People* (London: ASI [Research] Ltd., 2003).
Nuttall, W. J. *Nuclear Renaissance* (London: Institute of Physics Publishing, 2005).
Rayner, Joel. *Basic Engineering Thermodynamics* (Longman, Harlow, Essex, 1996).

الفصل السادس

Harding, Stephan. *Animate Earth: Science, Intuition and Gaia* (Totnes: Green Books, 2006).
Kump, Lee R., James F. Kasting, and Robert G. Crane. *The Earth System* (New Jersey: Prentice Hall, 2004).
Margulis, Lynn. *The Symbiotic Planet* (London: Phoenix Press, 1998).
Margulis, Lynn, and Dorion Sagan. *Microcosmos* (New York: Summit Books, 1986).
Schneider, Stephen H., and Randi Londer. *The Coevolution of Climate and Life* (San Francisco: Sierra Club Books, 1984).
Strogatz, Steven H. *Nonlinear Dynamics and Chaos* (Cambridge, Mass.: Perseus Books, 2000).
Wilkinson, David. *Fundamental Processes in Ecology: An Earth Systems Approach* (Oxford, 2006).

الفصل السابع

Gribbin, John. *Deep Simplicity* (London: Penguin Books, 2004).
Hölldobler, Bert, and Edward O. Wilson. *The Superorganism* (New York: W. W. Norton, 2008).
Primavesi, Anne. *Gaia and Climate Change* (London: Routledge, 2009).
Wilson, Edward O. *Consilience* (London: Little Brown and Company, 1998).

الفصل الثامن

Carson, Rachel. *Silent Spring* (Boston: Houghton Mifflin, 1962).
Crichton, Michael. *State of Fear* (New York: Harper Collins, 2004).
Goldsmith, Edward. *The Way* (Boston: Shambhala, 1993).
Mabey, Richard. *Country Matters* (London: Pimlico, 2000).
———. *Beechcombings: The Narratives of Trees* (London: Chatto, 2007).
Porritt, Jonathon. *Playing Safe: Science and the Environment* (Thames and Hudson, 2000).
———. *Capitalism as if the World Matters* (London: Earthscan, 2005).
Rogers, Richard. *Cities for a Small Planet* (Faber & Faber, 1997).

الفصل التاسع

Rees, Martin. *Our Final Century* (London: William Heinemann, 2003).

كتب عن غايا

Lovelock, James. *Gaia: A New Look at Life on Earth* (Oxford University Press, 1979).
———. *The Ages of Gaia* (New York: W. W. Norton, 1988).
———. *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine* (1991), reprinted as *Gaia: Medicine for an Ailing Planet* (London: Gaia Books, 2005).
———. *Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist* (Oxford University Press, 2000).



معجم المصطلحات

الوهج Albedo: مقياس يستخدمه الفلكيون لكمية الإشعاع الشمسي المنعكس من سطح كوكب ما. تتراوح هذه الكمية من 1 للانعكاس الكلي إلى «0» للامتصاص الكلي. يبلغ متوسط وهج الأرض «0.33»، بينما يقترب وهج السحب والجليد من الـ «1.0»، ويبلغ بالنسبة إلى المحيط أقل من «0.2». يخفض الاحترار العالمي من كميات الجليد والثلوج والسحب، مما يؤدي إلى وهج أقل للكوكب وإلى امتصاص أكبر للأشعة الشمسية، وبالتالي إلى احترار عالمي أكبر. وتتعلق الحرارة الممتصة من الأشعة الشمسية بالوهج، لكن هذا لا يجعل غابة معتمة بشكل آلي أسخن من صحراء فاقعة بالقرب منها. ولمعظم النباتات وهج أقل من متوسط وهج الكوكب لكنها تبقى باردة نتيجة تبخر الماء من أوراقها.

الطحالب Algae: هي أحياء تقوم بعملية التمثيل اليخضوري [أو البناء الضوئي] التي تستخدم أشعة الشمس لتصنع المادة العضوية والأكسجين. إن كل نباتات المحيطات تقريبا هي طحالب، بعضها وحيد الخلية، وبعضها الآخر مثل الكلب kelp يوجد على شكل تجمعات ضخمة من الخلايا بطول قد يصل إلى 60 مترا. ظهرت الطحالب الأولى على الأرض بعد بدء الحياة مباشرة منذ أكثر من ثلاثة مليارات سنة مضت. كان شكلها بكتيريا ولاتزال هذه الأحياء المجهرية منتشرة. فلا تزال موجودة إما على شكل أحياء تعيش بحرية أو بشكل أهم على شكل مغلفات تدعى صانعة اليخضور chloroplast ضمن الخلايا الأكثر تعقيدا من النباتات. تؤثر الطحالب بشكل كبير في مناخ الأرض. فهي تزيح غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وهو مصدر غاز ثاني ميثيل الكبريت (DMS)، الذي يتأكسد في الهواء ليصبح على شكل نوى صغيرة تشكل بذورا لقطرات السحب. والطحالب الأحفورية هي مصدر النفط. ويعتمد نموها على سطح الماء في البحار بشكل كبير على درجة حرارة الماء. فإذا زادت درجة الحرارة هذه من 18 إلى 21 درجة فهرنهايت فإن الخصائص الفيزيائية للمحيطات تمنع حصول الطحالب على المواد المغذية وبالتالي تمنع ازدهارها. وقد تشكل المزارع الطحلبية مصدرا للغذاء والوقود في المستقبل.

الغلاف الحيوي Biosphere: صاغ الجغرافي السويسري إدوارد سويس مصطلح الغلاف الحيوي العام 1875، ليدل على المنطقة الجغرافية من الأرض التي تحتوي على أشكال الحياة. وبهذا المعنى فهو مصطلح دقيق ومفيد ويشبه مصطلح «الغلاف الجوي» و«الغلاف المائي» اللذين يحددان على التوالي أماكن وجود الهواء والماء على

الأرض. وفي النصف الثاني من القرن العشرين وسع عالم المعادن الروسي فيرنادسكي تعريف الغلاف الحيوي ليشمل مبدأ مشاركة الأحياء الفاعلة في التطور الجيولوجي بوضع هذه الفكرة في عبارة «الأحياء قوة جيولوجية». لقد اتبع فيرنادسكي تقليدا وضع من قبل داروين، وهكسلي، ولوتكا، وريدفيلد وآخرين، لكنه على النقيض منهم لم تكن أفكاره منسقة علميا. ويُستخدم مصلح الغلاف الحيوي الآن بمعنى فيرنادسكي نفسه، ككلمة غير دقيق تعترف بتأثير الأحياء على الأرض من دون أن تتنازل عن سيادة الإنسان.

نظرية الشواش Chaos Theory : ميزت الوثوقية والحتمية تطور العلم في القرن التاسع عشر ومعظم القرن العشرين، لكنها تستمر الآن غير مدركة أن الحتمية التي عايشت هذا التطور لفترة طويلة أضحت الآن ميتة. لقد ظل إدراك أن العلم ظرفي ولا يمكنه أبدا أن يكون حتميا موجودا دوما في أذهان العلماء البارعين. لقد أدى استخدام علم الإحصاء في القرن التاسع عشر إلى جعل الفكر الاحتمالي أكثر وضوحا من الحتميات المبنية على الإيمان. لقد أدى اكتشاف عدم الفهم الكامل لظاهرة الكم إلى الاضطرار لقبول عالم احتمالي بدلا من عالم حتمي. وقد استُكمل هذا لاحقا بالاكتشافات التي أتت من توافر الحاسبات. لقد مكنت هذه الحاسبات العلماء من استكشاف عالم الحركة - رياضيات النظم المتحركة والمتدفقة والحية. لقد أظهرت التبصرات من التحليل العددي لحركية الوسائل من قبل إدوارد لورنز ولبيولوجيا السكان من قبل روبرت ماي ما دعي بـ «الشواش المحتم». إن دراسة أنظمة كالطقس، وحركة أكثر من جسمين فلكيين مرتبطين بالجاذبية، أو حركة أكثر من شيئين في حالة تنافس حساسة جدا للظروف الأولية لمنشئها، وهي تتطور بصورة لا يمكن التنبؤ بها تماما - دراسة هذه الأنظمة هي حقل علمي يتميز بالغنى والتنوع، ويتعزز بالتألق المرئي للصور الغريبة للهندسة الكسورية. ومن المهم أن نلاحظ أن الأنظمة الميكانيكية الحركية الكفؤة كالملاح الآلي لطائرة، حرة من التصرف الشواشي، وينطبق الشيء نفسه على الأحياء الحية غير المريضة. ويمكن للأحياء أن تستخدم الشواش عندما يناسبها ذلك، لكنه ليس جزءا مميزا من وظيفتها العادية.

التعايش Consilience: شعر ويلسون - وهو أميز علماء الأحياء في مجال التطور - وهو يكتب عن عدم التوافق بين علم القرن العشرين والدين، بالحاجة اللاشعورية لدى معظمنا لشيء ما وراء الطبيعة،

شـــيء أكثر مما يأتي من التحليل الفكري البارد. لقد فتش عن الكلمة الثمينـــة «Consilience» التي كانت محل نقـــاش طويل ولكن حار، وعرضهـــا على أنها شـــيء يربط أفـــكار العلمـــاء الاختزاليين بالناس الأذكياء الآخرين، وخاصة أولئك المؤمنين منهم. وأعتقد أنه نظر إليها على أنها اسم لمبدأ يسمح لهذين الموضوعين غير المتفقين ظاهريا بأن يتطور، إن لم يكن معا فبالتوازي على الأقل. وقد عبر عن أفكاره بشكل رائع في كتابه «Consilience».

علـم نظـام الأرض Earth System Science: هـــو علـــم نمـــا ضمـــن مجتمع علماء الأرض بين أولئك الذيـــن كانوا غير راضين عن الجيولوجيا التقليدية كبيئة معرفية لشرح تدفق المعارف حول الأرض. وعلى الأخص يكره علماء نظام الأرض تقســيم علوم الأرض والأحياء إلـــى غلاف حيوي وغلاف جيولوجـــي. ويفضلون بدلا من ذلك اعتبار الأرض وحدة حركية واحـــدة ترتبط ضمنها المواد والأحياء بقوة. هذا المبدأ مع نتيجته التي تقول إن الأرض تتحكم ذاتيا بمناخها وكيميائيتها ذُكر علنا في إعلان أمســتردام عام 2001. لقد نشأ علم نظام الأرض مـــن نظرية غايا لكنه يختلف عنها برفضـــه رؤية قابلية الأرض للحياة كهدف للتحكم الذاتي بمناخ الأرض وكيميائيتها.

خدمـات النظـام البيئـي Ecosystem Services: طُرحـــت هذه العبـــارة من قبـــل عالم الأحياء بـــول اهرليش وزملائـــه العام 1974 للاعتـــراف بأن النظام البيئي أكثر من مجـــرد مكان يمكن فيه لعلماء الأحياء أن يدرســـوا التنوع الحيوي. نظـــر اهرليش، مثله مثل إيوجين أودم، إلـــى الأنظمة البيئية على أنهـــا آليات تنظيم محلية للمناخ والماء والمصادر الكيميائية. إن «خدمات النظام البيئي» مصطلح مفيد عندما يســتعمل بهذا المعنى المحلي لنظام بيئي مثل غابة استوائية، لكنه أقل نفعـــا عندما يطبـــق عالميا لأن القـــوى الفســـيوجولوجية والبيولوجية مرتبطة بعضها ببعض بقوة.

فرضيـة غايـا Gaia Hypothesis: افتـــرض جيمـــس لفلوك ولين مارغوليس أوائل الســـبعينيات أن الحياة على الأرض تحافظ بفاعلية على الشـــروط على الأرض بشـــكل يحابـــي أي مجموعة معاصرة من الأحيـــاء. وعندمـــا طرحت هـــذه الفرضيـــة كانت مناقضـــة للحكمة التقليدية التـــي تقول إن الأحياء تأقلمت مع ظروف الكوكب كما هي، وأنهـــا تطورت بطرقها المختلفة. ونعلـــم الآن أن الفرضية كما طرحت فـــي البداية كانت خاطئة لأن الأحيـــاء لا تقوم وحدها بعملية التحكم،

ولكــن نظام الأرض بكامله. لقد تطــورت الفرضية إلى ما يعرف الآن بنظرية غايا.

نظريــة غايا Gaia Theory: هــي نظــرة إلــى الأرض قدمت في الثمانينيــات تــرى الأرض كنظام يتحكم في نفســه ذاتيــا يتألف من مجمــوع الأحياء، والصخور الســطحية، والمحيطات، والغلاف الجوي مرتبطة بقوة بعضها مع البعض الآخر كنظام يتطور باســتمرار. وترى هــذه النظرية أن لهــذا النظام هدفا وهو التحكم فــي الظروف على سطح الأرض بحيث تكون دوما ملائمة ما أمكن للحياة المعاصرة. بنيت هــذه النظرية على الملاحظات والنماذج النظريــة وهي نظرية مفيدة قدمت عشرة تنبؤات ناجحة.

تأثيــر الدفيئة Greenhouse Effect: يقع معظم طاقة الإشــعاع الشمســي في المجال المرئي وقرب تحت الأحمر. ويكون الهواء الخالي من الغيوم والغبار شــفافا لهذا الإشــعاع مثل زجاج بيت الخضراوات. تســخن الســطوح على الأرض أو ضمن بيت الدفيئة بأشعة الشمس وينتقل بعض هذه الحرارة إلى الهواء الملامس لهذه الســطوح. ويحبس الهواء الدافئ في بيت الخضراوات لأن الجدران والســقف الزجاجي تمنع الرياح من ســحبه. ويحافظ على حرارة الأرض بطريقة مشابهة، وإن لم تكن متطابقة، بامتصاص الحرارة المشــعة الصادرة عن ســطح الأرض الحار من قبل غازات ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء والميثان. هذه الغازات الموجودة في الهواء، على الرغم من أنها شــفافة للضوء، فإنها معتمــة جزئيا لموجات الأشــعة الأطول الصادرة عن الســطوح الحــارة. لقد حافظ تأثير بيت الخضراوات على ســطح الأرض دافئا وبغياب التلوث فهو مفيد، ومن دونه ســتكون الأرض أبرد بـ 58 درجة فهرنهايت وربما غير صالحة للحياة.

دائــرة راجعــة Hysteresis: يمكن لنظام مدفــوع أن ينتقل من حالة مســتقرة إلــى أخرى، كما يتحرك بــاب عندما يدفع مــن مفتوح إلى مغلق. وعندما يفشــل النظام نفسه في الاســتجابة للدفع في الاتجاه المعاكــس، كأن البــاب مربوط، يقال إن النظام فــي حالة دائرة راجعة Hysteresis. وتظهر العديد من الأنظمة الطبيعية والهندســية هذه الحالــة، كما هي حال النظام المناخي للأرض ونظام التحكم في تدفئة بيتك. عندما تكون درجة حرارة الغرفة تحت نقطة محددة على ميزان الحرارة يبدأ نظام التدفئــة بالعمل وتتدفق الحرارة إلى الغرفة، حتى تصبــح درجة الحرارة أعلى بدرجة أو مــا يقرب من ذلك فوق النقطة

المحــددة، حيث ينطفئ الجهاز. هناك إذن فترة تبريد إلى درجة أو ما يقــرب من ذلك تحت النقطة المحددة، حيث يبــدأ النظام بالعمل مرة ثانية. هذا مثال عن الدائرة الراجعة Hysteresis ويستجيب النظام المناخي بطريقة مشــابهة. وهذا هو الســبب في أن خفض كمية ثاني أكسيد الكربون في الهواء قد لا يتبعه هبوط فوري في درجة الحرارة.

الحيــاة Life: تتواجد الحياة بشــكل متزامن ولكــن منفصل في حقول الفيزياء، والكيميــاء، وعلم الأحياء وبالتالي فليــس لها تعريف علمي محــدد. فالفيزيائيون يعرفونها على أنها شــيء يوجـد ضمن حدود ولكنها تخفض آنيا انتروبيتها (شواشــها)، بينما يطرح هذا الشــواش إلى البيئة المحيطــة بها. ويقول الكيميائيون إنهـا مؤلفة من جزيئات ضخمــة تتألــف بشــكل رئيس مــن عناصــر الكربــون والنتروجين والأكســجين والهيدروجين، ونســب أقــل لكن ضرورية مــن الكبريت والفســفور والحديد، مع مجموعة من عناصر الأثر النادرة التي تشمل الســيلينيوم واليود والكوبالت، وعناصر أخــرى. ويرى علماء الكيمياء الحيوية والتشــريح الحياة موجودة دومــا ضمن جدران خليوية تحوي بيئة سائلة بتركيز متحكم فيه جيدا من الشوارد، بما في ذلك عناصر مثل الصوديوم والبوتاســيوم والكالســيوم والمغنيزيوم والكلور. وتحمل كل خلية مواصفات كاملة ومجموعة تعليمات على شــكل شــيفرة على جزيئــات طويلة خطية من حمض ثاني أوكســي ريبونيلــك. ويعرفها علمــاء الأحياء علــى أنها حالة من المادة الحركيــة التي يمكنها إعادة إنتاج نفســها وتتطور فيها العناصر المستقلة بالاختيار الطبيعي. يمكن ملاحظة الحياة وشــرحها، وتحليلها لكنها ظاهرة ناشئة وقد يكون من غير الممكن أبدا شرحها بطريقة عقلانية.

التغذيــة الراجعــة الســلبية والإيجابيــة Positive and Negative Feedbacks: إن الأنظمــة المتحكمة في نفســها ذاتيا مــن أي نوع كانت، من الفرن المتحكم في درجة حرارته إليك نفســك، تحوي دوما شيئا يتحسس أي انحراف عن الحالة المرغوبة أو المختارة، ومصدرا للطاقة، والوســائل لتطبيق القوة التي تعاكس هذا الانحراف أو تدعمه. وعندما تنحرف ســيارة نقودها عــن الطريق الذي تختاره نحس بهذا الانحراف ونطبــق بذراعينا بقوة كافية على عجلة القيادة لحرف عجلات السيارة الأمامية إلى الطريق الصحيح: وهذا ما يدعى التغذية الراجعة السلبية. ولو كانت آلية القيادة معطلة لسبب ما بحيث يــؤدي تحريك عجلة القيــادة إلى إدارة العجــلات الأمامية لتزيد من

انحراف السيارة فسيمثل هذا تغذية راجعة إيجابية. ويشكل هذا غالبا وصفة لحدوث كارثة. لكن التغذية الراجعة الإيجابية يمكن أن تكون ضرورية لجعل النظام حيا سريع الاستجابة. وعندما نتكلم عن الحلقات المفرغة، نفكر في التغذية الراجعة الإيجابية، وهي الحالة التي تبدو عليها الأرض الآن، فالانحرافات في المناخ تتضخم ولا تتقلص، بحيث إن كمية أكبر من الحرارة تقود إلى حرارة أكبر.

تجوية الصخور Rock Weatherin: تتضخم الجبال باستمرار على السطح لأن الصخور الحارة المستعرة شبه السائلة تحته تدفع صفائح الصخور العائمة إلى الاصطدام. وبالنسبة إلى مقياسنا الزمني فإن الجبال ملامح دائمة على سطح الأرض، لكنها بالنسبة إلى مقياس غايا الزمني فإنها قصيرة العمر وتهترئ بعوامل الطقس. تتصدع الصخور بفعل الجليد وتُتَحَتُّ برمال تدفعها الرياح، وأكثر من ذلك كله فهي تنحل بمياه الأمطار. ويدعو الجيوكيميائيون انحلال الجبال بواسطة الأمطار «تجوية كيميائية للصخور». ويتم هذا لأن مياه الأمطار تحوي ثاني أكسيد الكربون المنحل الذي يتفاعل مع الصخور ليشكل كربونات الكالسيوم المنحلة. ينتقل هذا المحلول بواسطة الجداول والأنهار إلى المحيطات. هذا المصرف المهم لثاني أكسيد الكربون اعتبر حتى نحو العام 1980 من قبل علماء الأرض عملية كيميائية بحتة. بيد أننا نعلم الآن أن وجود الأحياء - من البكتريا والطحالب على سطح الصخور، إلى الأشجار التي تنمو في التربة - يزيد تجوية الصخور وإزاحة ثاني أكسيد الكربون من ثلاثة إلى عشرة أمثال. وهذا شيء أساسي ومهم للحفاظ على الأرض باردة وهو جزء من نظام التحكم الذاتي لغايا.

النظام System: يعرف قاموس وبستر الجديد النظام على أنه «مجموعة أشياء ترتبط بشكل من التفاعل والاعتماد المتبادل» مثل النظام الشمسي، والنظام العصبي، أو نظام تشغيل حاسوبك، فإن هذا هو معنى كلمة النظام في هذا الكتاب.



المؤلف في سطور

جيمس لفلوك

* عالم بيئي وباحث مستقل. ولد في العام 1919، ويعيش حاليا في ديفون - إنجلترا.
* له الفضل في اختراع جهاز طيف الكتلة، والذي قاد إلى قياس تركيز الملوثات النادرة في البيئة، كما أن له الفضل في اختراع وتطوير العديد من الأجهزة والأدوات العلمية لمصلحة وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا).
* هو أحد رواد علم البيئة في الستينيات، ويعد اليوم من أهم المناصرين للطاقة النووية.
* هو صاحب نظرية غايا، موضوع هذا الكتاب، التي تقول إن كل الأجزاء الحية وغير الحية من كوكب الأرض تعمل معا في تناغم لتكون كائنا حيا واحدا.

المترجم في سطور

د. سعد الدين خرفان

* من مواليد حمص - سورية 1946.
* بكالوريوس شرف في الهندسة الكيميائية من جامعة ليدز 1969.
* ماجستير في البتروكيمياء من جامعة مانشستر 1970.
* دكتوراه في هندسة المفاعلات من جامعة نيوكاسل 1976.
* له عدة مؤلفات في الهندسة الكيميائية والحاسوب والإدارة والبيئة والطاقة، والعديد من البحوث والدراسات في المجلات العلمية المتخصصة.
* ترجم لسلسلة عالم المعرفة كتاب «رؤى مستقبلية: كيف سيغير العلم حياتنا في القرن الواحد والعشرين» العدد 270.



هذا الكتاب

يتناول هذا الكتاب موضوع التغير المناخي، وهو الموضوع الأول عالميا، بطريقة مختلفة وطريفة، فكاتبه هو صاحب نظرية غايا (الأرض في الأساطير اليونانية) التي ترى الأرض كنظام يتحكم في نفسه ذاتيا، يتألف من مجموع الأحياء والصخور السطحية والمحيطات والغلاف الجوي المرتبطة بقوة بعضها مع البعض كنظام يتطور باستمرار. ترى هذه النظرية أن لهذا النظام هدفا وهو التحكم في الظروف على سطح الأرض، بحيث تشكل دوما البيئة المناسبة لاستمرار الحياة. وهو يرى أن وجه الأرض أو ملامحها من غابات وقبعات جليدية وأحياء تتلاشى بسبب الاحترار العالمي. يختلف المؤلف مع المنظمة الحكومية لتغير المناخ (IPCC) في أن قراراتها تراعي التوافق بين الدول المشاركة كلها على حساب الحقيقة العلمية، وبالتالي فإن سيناريوهاتها حول التغيير المناخي وآثاره جاءت أدنى مما هو في الواقع. كما يناقش المؤلف موضوع الحد من إصدار غازات الدفيئة والتحول إلى مصادر بديلة للوقود الأحفوري. وهو يخالف من يقول بالاعتماد على الطاقات المتجددة، كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح، ويدعم استخدام الطاقة النووية لأنها توفر البديل اللازم بالسرعة المطلوبة لإنقاذ الأرض من الاحتباس الحراري.

هذه الآراء والأفكار مثيرة للجدل، كما هي حال موضوع الاحتباس الحراري نفسه، ولكن مما لا يقبل الشك أن هذا الموضوع يهمنا جميعا لأنه يتعلق بمصيرنا على وجه هذا الكوكب.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 360 - 6
رقم الإيداع (2012/234)